原油価格高騰による省エネルギー技術対策緊急プロジェクトチーム資料

山形県施設園芸省エネルギー化技術指針
（第２版）

平成２０年１１月

山形県農林水産部

山形県施設園芸省エネルギー化技術指針（第２版）の策定にあたって

「山形県施設園芸省エネルギー化技術指針」は、燃油高騰に対応し平成１９年１月に省エネルギー技術指導資料として作成した。

その後も燃油価格は高騰し続け、平成２０年７月のＡ重油の価格は、平成１７年２月対比で２７８％まで上昇し、施設園芸にとって非常に厳しい状況となった。その後、価格は下げ基調となり、１１月中旬には、昨年同時期の価格水準となったが、依然経営を圧迫している。

この度の主な見直しは、主要作目の経営試算やヒートポンプ、木質ペレット暖房機などの技術説明、さらに県内産地での取組事例を新たに加えたものである。

これから冬を迎えるにあたり、生産者段階において省エネルギー技術対策が徹底されるようご活用願う。

＜注意＞

１　省エネルギーの効果は、ハウス構造、カーテン等の付帯設備や立地条件などで効果が異なります。また、技術導入に際しては、経済的に引き合うか検討が必要です。

　そのため、活用にあたっては、資材メーカーや関係機関と十分相談した上で、取り組んでください。

２　農薬を使用する際は、農薬の使用基準を遵守し、適正に使用してください。

目　次

Ⅰ　施設園芸を取り巻く状況

1　燃油・資材価格の推移

（１）　Ａ重油・灯油価格の状況

平成 17 年 2 月から価格の上昇傾向が続き、平成 20 年 7 月では、Ａ重油は指数 278（45 円/L→125 円/L)、灯油は指数 234（53.3 円/L→124.9 円/L）となった。

原油価格は平成 20 年 7 月 11 日に１バレル 147 ドル台の史上最高値を記録した後、下げ基調に転じ、9 月始めには 105 ドル台を付けるなど、ほぼ今年に入ってからの価格上昇分を解消した水準となっている。11 月中旬の重油価格は 84 円/Ｌとなっている。

原油価格の変動は①投機マネーに対する規制強化の動き、②世界的景気減速に伴う石油需要の減退などが背景にあると考えられる。しかし、中東諸国の政治情勢が未だに不透明であること、ＯＰＥＣにより減産表明が出されたことなどから、今後、さらに原油価格が大幅に低下する要素は少ないとみられる。

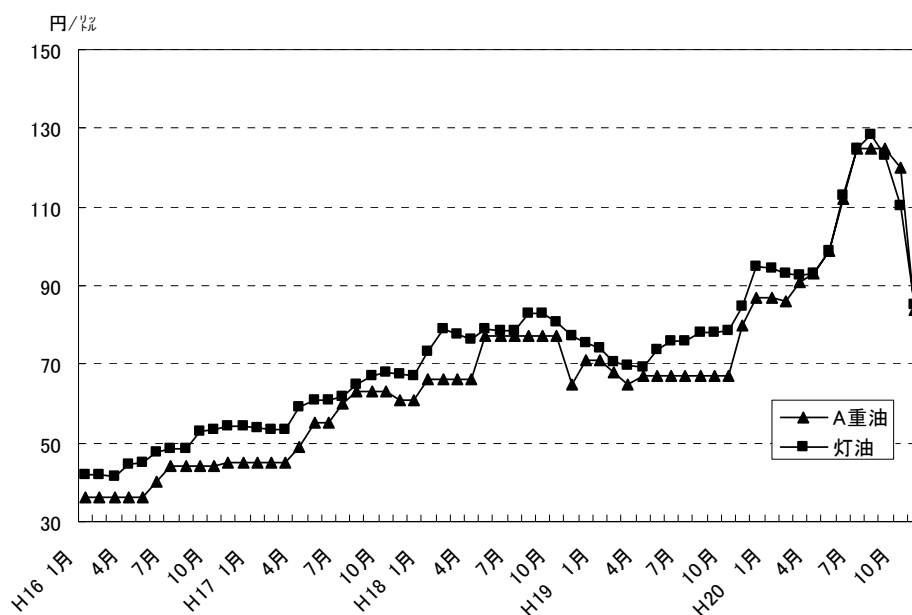



図１　Ａ重油・灯油価格の推移

（２）　主な農業用資材の価格動向

原油価格の高騰と併せ、石油を原料とする農業用ビニルなどの被覆資材や施設用パイプ、農業用資材等の価格が上昇しており、施設園芸農家にとっては厳しい状況となっている。また、出荷にかかる運賃についても、H20 年の秋果実の出荷期又は H21 年からの値上げについて要請されている状況である。

表１　主な農業用資材の価格動向

品目	H17	H18		H19		H20	
	指数	値上率%	指数	値上率%	指数	値上率%	指数
肥料	100	4	104	3	107	60	171
農薬（銅含有剤・機械油乳剤）	100	4	104	6	111	3	114
農薬（その他）	100	0	100	0	100	1	101
農ビ	100	10	110	10	121	15	139
農ポリ	100	10	110	10	121	10	133
施設用パイプ	100	0	100	8	108	20	130
段ボール	100	2	102	13	115	0	115
運賃	100	0	100	0	100	0	100
農業用機械	100	0	100	0	100	6	106

全農山形県本部から聞き取りしまとめたもの

２．施設園芸の現状と需給状況

本県におけるハウス設置面積（平成 19 年 6 月末現在）は、果樹が 955ｈａ（栽培面積比 8.5％）、野菜が 603ｈａ（5.7％）、花きが 198ｈａ（43.9％）、合計で 1,756ｈａ（7.6％）となっており、そのうち 647ｈａ（栽培面積比 2.9％）で原油由来の燃料による加温栽培が行われている。その暖房用燃料の需要量は 20,000kL とされる（生産技術課試算）。

表２　ハウス設置状況（平18年7月1日～19年6月30日）　　　（単位：ha、棟、戸）

	果　　樹	野　　菜	花　　き	計
ハウス設置実面積(A)	955	603	198	1,756
加温設備のあるもの(B)	366	156	125	647
B/A(%)	38.3	25.9	63.1	36.8
ハウス　棟　　数	9,434	23,368	6,077	38,879
ハウス経営農家数注）	1,932	5,048	1,383	8,363

注）ガラス室経営農家数は合算しない。その他項目はガラス室を合算している。

表３　加温設備の種類（平18年7月1日～19年6月30日）　　　（単位：ha）

	合　　計	石油利用		電　　熱	地下水利用	油代替利用		
		温　　風	温　　湯			LPガス	ゴミ,廃材,	その他
果　　樹	367	367						
野　　菜	153	148	4	1			0	
花　　き	121	114	7	0				
合　　計	641	629	11	1	0	0	0	0

３．燃油及び農業用資材上昇に伴う 10ａ当たりの経営試算

（１）おうとう

重油価格 90 円/ℓや主な農業用資材価格動向指数 109（平成 20 年 2 月の段階）の条件で作型の経営試算を行った。早期加温ハウスおうとうの収量 500kg/10a の場合では、雨よけ栽培の収量 600kg/10a よりも収益が下回るとみられる。

また、重油価格 112 円/ℓ、農業用資材価格動向指数 115（平成 20 年 6 月の段階）では、普通加温ハウスおうとうの収量 600kg/10a でも雨よけ栽培よりも収益が下回る場合が出てくる。

表4 おうとうの経営試算（10a当たり）

	平成17年2月 重油 45円/ﾘｯﾄﾙ 主な農業用資材価格動向指数 100			平成20年2月 重油 90円/ﾘｯﾄﾙ 主な農業用資材価格動向指数 109			平成20年6月 重油 112円/ﾘｯﾄﾙ 主な農業用資材価格動向指数 115		
作型	早期加温	普通加温	雨よけ	早期加温	普通加温	雨よけ	早期加温	普通加温	雨よけ
出荷時期	4/中～5/上	5/中～6/上	6/中	4/中～5/上	5/中～6/上	6/中	4/中～5/上	5/中～6/上	6/中
粗収益（千円）	**3,750** 500kg×7,500円	**3,000** 600kg×5,000円	**1,500** 600kg×2,500円	**3,750** 500kg×7,500円	**3,000** 600kg×5,000円	**1,500** 600kg×2,500円	**3,750** 500kg×7,500円	**3,000** 600kg×5,000円	**1,500** 600kg×2,500円
総経費（千円）	2,123	1,799	876	2,142	1,818	907	2,155	1,831	917
うち重油代（千円）	540	248	0	1,080	495	0	1,344	616	0
重油消費量（ﾘｯﾄﾙ）	12,000	5,500	0	12,000	5,500	0	12,000	5,500	0
所 得	**1,087**	**954**	**624**	**528**	**687**	**593**	**251**	**553**	**583**

おうとう振興指標（平成15年）のデータをもとに試算　　※主な農業資材：肥料費、農薬費、農具費、諸材料費

（２）きゅうり

平成 20 年 2 月の重油価格、資材価格動向指数をもとに試算すると、半促成の収益性は下がるが、まだトンネル早熟よりも収益性は高い。

平成 20 年 6 月の価格と指数では、さらに半促成の収益性は下がり、トンネル早熟との収益性の差が小さくなるとみられる。

表5 きゅうりの経営試算（10a当たり）

	平成17年2月 重油 45円/ﾘｯﾄﾙ 主な農業用資材価格動向指数 100		平成20年2月 重油 90円/ﾘｯﾄﾙ 主な農業用資材価格動向指数 109		平成20年6月 重油 112円/ﾘｯﾄﾙ 主な農業用資材価格動向指数 115	
作型	半促成	トンネル早熟	半促成	トンネル早熟	半促成	トンネル早熟
出荷時期	3/下～6/下	6/上～7/下	3/下～6/下	6/上～7/下	3/下～6/下	6/上～7/下
粗収益（千円）	**3,080** 14,000kg×220円	**1,850** 10,000kg×185円	**3,080** 14,000kg×220円	**1,850** 10,000kg×185円	**3,080** 14,000kg×220円	**1,850** 10,000kg×185円
総経費（千円）	2,112	1,395	2,469	1,448	2,653	1,487
うち重油代（千円）	302	0	603	0	750	0
重油消費量（ﾘｯﾄﾙ）	6,700	0	6,700	0	6,700	0
所 得	**968**	**455**	**611**	**402**	**427**	**363**

果菜類振興指標（平成15年）のデータをもとに試算　　※主な農業資材：肥料費、農薬費、農具費、諸材料費

（３）ばら

ばらの場合はさらに厳しく、平成 20 年 2 月の重油価格、資材価格動向指数をもとに試算すると所得はわずかとなり、6 月の価格と指数では、所得は赤字の試算になる。

表6 ばらの経営試算（10a当たり）

	平成17年2月 重油 45円/ﾘｯﾄﾙ 主な農業用資材価格動向指数 100	平成20年2月 重油 90円/ﾘｯﾄﾙ 主な農業用資材価格動向指数 109	平成20年6月 重油 112円/ﾘｯﾄﾙ 主な農業用資材価格動向指数 115
作型	養液栽培	養液栽培	養液栽培
出荷時期	周年栽培	周年栽培	周年栽培
粗収益（千円）	**9,490** 130,000本×73円	**9,490** 130,000本×73円	**9,490** 130,000本×73円
総経費（千円）	8,329	9,222	10,590
うち重油代（千円）	810	1,620	2,016
重油消費量（ﾘｯﾄﾙ）	18,000	18,000	18,000
所 得	**1,161**	**268**	**-1,100**

営農モデル（平成17年）のデータをもとに試算　　※主な農業資材：肥料費、農薬費、農具費、諸材料費

平成 20 年 11 月の段階でA重油の価格は 84 円/ℓとなっているが、今後とも燃油価格の動向に注目し、状況によっては作型の変更や収量の確保対策について十分な検討が必要である。

Ⅱ　品目・作型の選定

単純に設定温度を下げることで暖房用燃料を削減することは、品目の作型によっては収量のみならず品質まで影響を及ぼし、むしろ経営上マイナスになることがある。今後も暖房用燃料の動向に注意し、経営的な評価を行った上で、品目や作型の変更を検討する。

経営の検討として、はじめに、コスト増がどの程度経営上影響があるか点検する。暖房用燃料価格上昇によるコスト増は、需給バランスから販売価格の変動を伴うことが多く、どのような販売価格で引き合うのか試算をし、検討する。経営全体として、他部門との労力の競合や補完なども含め、品目・作型について見直しが必要かどうかの検討を行う。

1　作型選定・変更のポイント

燃油高騰は、長期間暖房する作型や高い暖房温度を必要とする作物ほど影響が大きい。表7に月別暖房用燃料消費量の目安を掲げた。また、表7を用い燃料費の上昇が各作型のコスト増の影響を見たのが表8である。

表7　加温温度別灯油消費量(L/100坪) の試算

	11月	12月	１月	２月	３月	４月	合計
４℃	0	118	518	386	0	0	1,023
６℃	0	386	818	639	224	0	2,067
８℃	0	707	1,120	894	418	0	3,139
１０℃	205	1,030	1,424	1,152	612	0	4,422
１２℃	570	1,418	1,797	1,471	915	278	6,450
１４℃	881	1,742	2,107	1,734	1,160	465	8,090
１６℃	1,256	2,133	2,484	2,059	1,473	716	10,122
１８℃	1,569	2,458	2,799	2,326	1,723	904	11,779

条件：面積：４間×25間＝100坪、ビニルハウス、１層カーテン（ポリ）、地点は山形
（施設園芸ハンドブックの期間暖房負荷の算定方法を一部改変して計算）

表８　３月暖房を基準とした場合の作型別暖房用燃料消費量（100 坪当たり）と燃料費増加額試算

（暖房開始時期）	暖房温度 12℃			暖房温度 16℃		
	３月暖房作型と燃料消費量の差(L)	燃料価格上昇でのコスト増加額(円)		3月加温作型と燃料消費量の差(L)	燃料価格上昇でのコスト増加額(円)	
		20 円	40 円		20 円	40 円
３月暖房	(1,193)	(23,860)	(47,720)	(2,189)	(43,780)	(87,560)
２月暖房	+1,471	+29,420	+58,840	+2,059	+41,180	+82,360
１月暖房	+3,268	+65,360	+130,720	+4,543	+90,860	+181,720

表８の試算では、燃料が 20 円/L 上昇の場合、２月から 12℃で暖房する作型では、３月から暖房する作型よりも、燃料費は 100 坪当たり 29,420 円増加する。これは、200kg/100 坪の収量がある品目では、２月から暖房する作型よりも約 150 円/kgのコスト増となる。１月加温作型では同様に 330 円/kgのコスト増と試算される。実際は販売手数料や管理労力時間を加味すると、それぞれ試算したコスト増分よりさらに 1.2～1.4 倍程度の販売価格が必要とされる。

暖房用燃料消費量は、ハウス構造・方式、資材や気象条件等で違うので、それぞれ時期別の給油量から燃料消費量を把握しておく。それを基に、表７のようなシミュレーションを行い、通年の時期別販売価格と比較する。ただし、作型の変更を考える場合、経営コストのほか経営面（労力競合・補完、雇用対策、後作利用等）や販売面（販売価格の変動に伴う所得の増減等）から、総合的に判断する。

Ⅲ　共通的な技術対策

表９　省エネルギー対策とその効果

方法	品目例	内容	効果	
●作型の変更	おうとう ぶどう きゅうり	早期加温→普通加温 加温→無加温 加温→無加温	重油消費量　△6,500L/10a 重油消費量　△3,000L/10a 重油消費量　△6,700Ｌ/10a	
●変温管理	きゅうり等	夕方高めの温度にして夜～朝の温度を低め。	収量は変わらない 一定温度に比べ２０％以上の省エネ	
●暖房温度変更	アルストロメリア	１０℃→８℃	３０％の省エネルギー ただし、収量は１０％以上減。	
●一般的な省エネルギー技術				積み重ねで１０～２０％の省エネルギー
○暖房機の点検			数%の省エネ	
○保温性の高い 高いフィルム使用		農業用ポリエチレンフィルム→農業用ポリ塩加ビ	５%の省エネ	
○多重被覆		カーテンの２層化	１５%の省エネ	
○ハウスの密閉性向上			数%の省エネ	
○温度ムラ防止		循環扇導入 ダクトの適正配置 適切なセンサー位置	１０%の省エネ	
○省エネ機器導入		暖房煙突からの廃熱回収機	７%の省エネ	

1　省エネルギー技術対策、効果と導入の考え方

施設園芸の省エネルギー対策については、表９に示す方法、効果に整理できる。

省エネルギーの機器・資材を導入する場合は、次の考え方に基づき判断する。

省エネルギーで得られる暖房コスト低減費≧省エネルギー機器や資材の購入・設置償却費

左側の暖房コスト低減費は

経年燃料使用量×省エネルギー率×燃料単価

であり、燃料使用量が多いほど、また、燃料単価が高いほど省エネ効果の高い機器導入による低減費は大きくなる。省エネルギー機器等の投資は、経営収支等を勘案しながら、低減費の範囲内で行う。ただし、燃料単価は変動するため、機器や資材の導入にあたっては、過剰な投資にならないよう使用燃料価格の長期的な予測情報などを参考にし、計算することが重要である。

例１：10℃暖房での 100 坪ハウスへのカーテン２層の改造

節油量(表 10 参照)　燃料費

燃料単価 100 円/L の場合：(4,442－3,692) L×100 円/L＝75,000 円

燃料単価 110 円/L の場合：(4,442－3,692) L×110 円/L＝82,500 円

燃料単価 100 円/L でおよそ 7.5 万円、110 円/L で 8.3 万円以下であれば、２層カーテンの導入を考える。カーテンの使用年数が2年であれば2倍の価格まで投資が可能である。

一方で、消費者の環境への意識が高まり、地球温暖化防止の観点からも省エネルギー技術導入が求められる時代である。施設・機器材導入時には中長期的な観点から省エネルギーになるものを選定し、燃料費の変動にかかわらず常に省エネルギーに注意を払うようにすることが求められている。

なお、現在の暖房機の燃焼効率は非常に高く、85～90％に達しているといわれている。このため、燃焼効率向上を目的とした各種資材の導入に当たっては、費用対効果を十分に検証し、判断を行う。

２　暖房機の点検

図２を参照に以下のメンテナンスを行なう。

ア　バーナーノズル周辺の清掃

暖房機器のバーナノズルの燃焼カス（スス等）等による汚れは、燃料と空気の正常な混合を阻害し、完全燃焼を妨げる。そのため、定期的にディフューザ廻りを外して清掃を行う。

イ　ノズルの定期交換

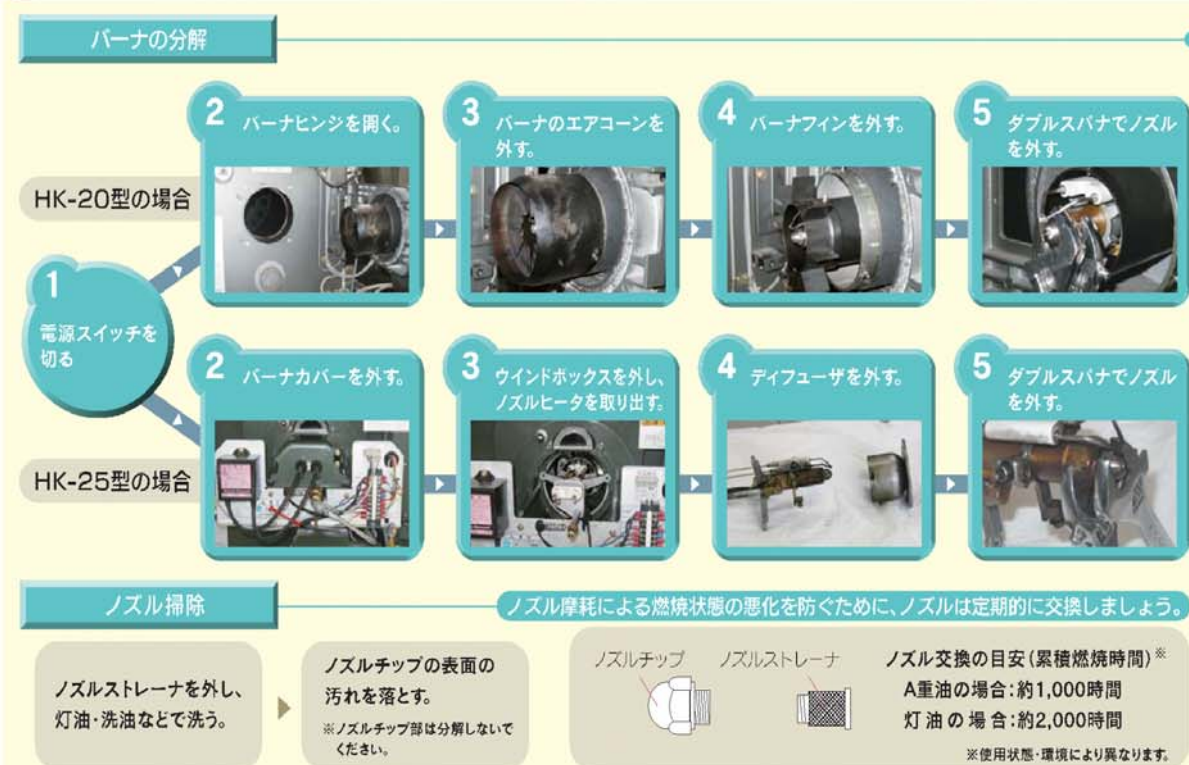
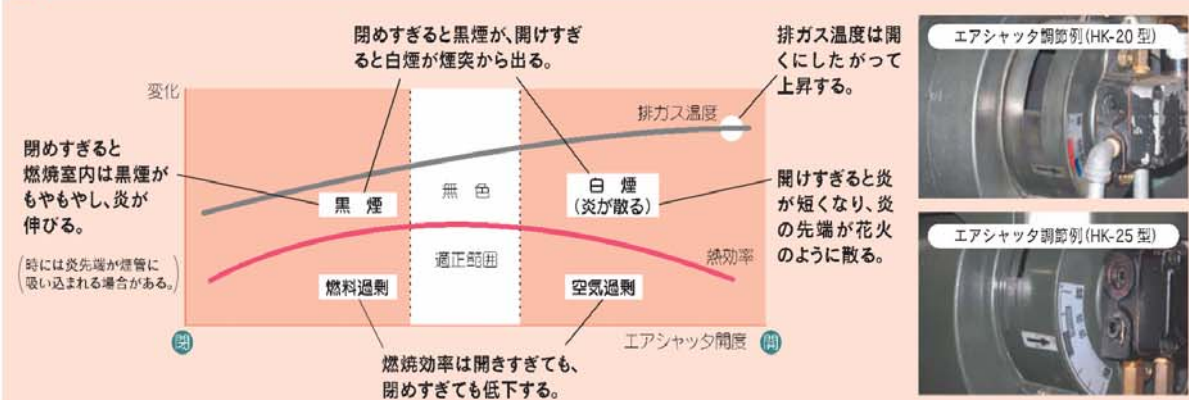
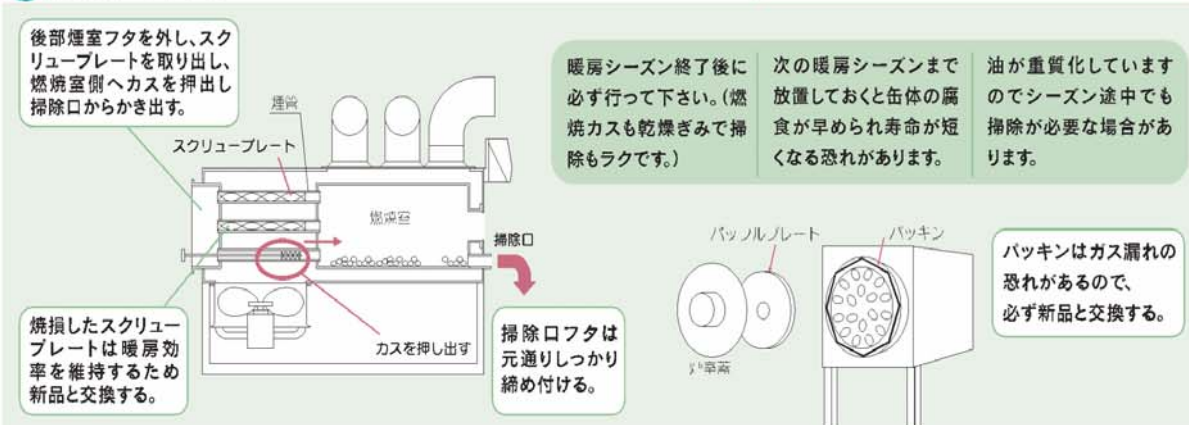
高速で油が流出するノズル孔は、使用するうちに摩耗し、偏摩耗によって燃焼が悪くなったり、噴霧量が多くなって缶体への負荷が増大し、寿命を損ねることがある。図２に交換の燃焼時間目安が記載されているので、それを参考にノズル交換を行う。

ウ　エアシャッターの調整

エアシャッターを開けすぎると、排気ガスによる熱ロスが増える傾向にある。周波数別調整範囲の下限値を限度として、黒煙が発生しない位置に調整する。

エ　暖房機缶体の掃除

暖房機器の燃焼室内に燃焼カスが付着すると、効率的な熱交換が妨げられ、結果として燃焼効率の低下を招くこととなるので、事前に燃焼室内の掃除に努める。

図２　暖房機の点検

資料提供：（株）ネポン

3　保温性の向上

暖房中のハウスからの熱損失は右図のように、貫流熱負荷、隙間換気伝熱負荷、地表伝熱負荷の３つに分けられる。

このうち、貫流熱（被覆材を通過する熱量）が全体の 60～100％と最も大きな割合を占める。省エネルギー効果を高めるためには、ハウスの保温性を高める被覆資材、被覆方法に切り替える。具体的な方法は①多層被覆を行う（被覆枚数を増やす）、②保温性の高い被覆資材を利用するなどである。なお、フィルムが厚くなっても保温性はほとんど変わらず、耐久性が向上するのみである。被覆資材の保温効果は、材質が大きく影響しており、後述の「（２）被覆資材の違い」を参照されたい。

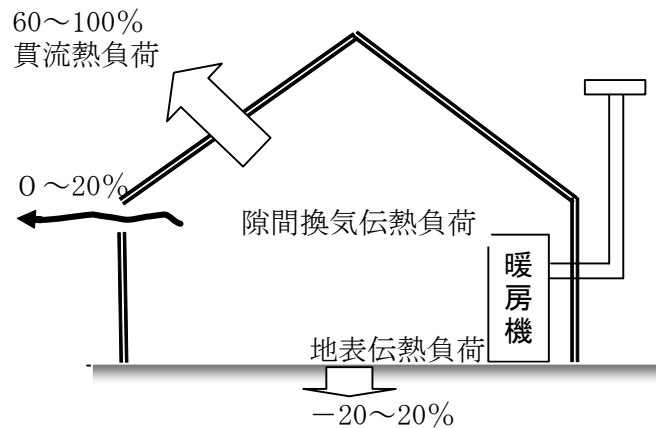



図３　温室からの熱損失

隙間換気伝熱は 0～20％である。カーテンや外張フィルムの隙間を入念にチェックし塞ぐことで、熱損失を小さくすることが可能である。最も低コストでハウスからの放熱を低減できる方法である。これは省エネ対策の基本となる。

地中伝熱は、太陽熱がハウス内地表面に蓄熱されることで生じる熱であり、ハウスの暖房熱量を軽減する効果がある。通路に十分太陽光が当たるように除草や資材の整理を心がけるなどで、わずかではあるが省エネルギー化が図られると考えられる。なお、暖房設定室温が高いとハウス内から地中へ熱が逃げていく場合がある。

（１）多層被覆

保温性向上には多層被覆が有利であるが、多層化するほど室内湿度環境を悪化させやすい。また、設備費用に対するエネルギー削減効果も薄れるため、２層までが多く、３層以上の現地事例は少ない。２層被覆は、天カーテンに多く見られるものの、サイドの事例は少ない。しかし、サイド（側面）や妻面の２層化も効果は高い。

表10　被覆の違いによる灯油消費量(L/100坪) の試算

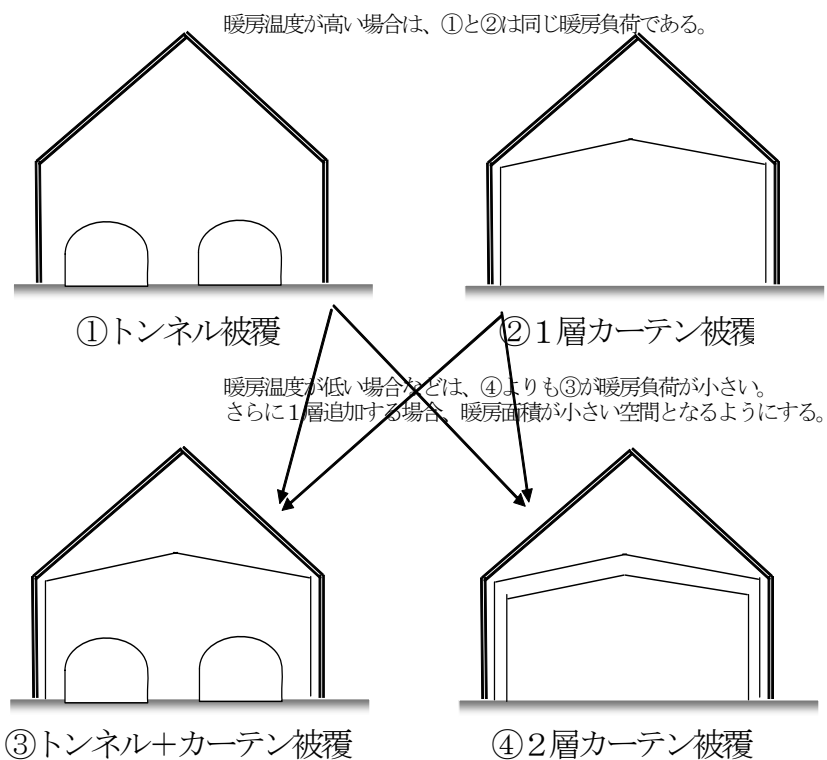
	11月	12月	１月	２月	３月	合計
カーテン無し	437	1,717	2,369	1,937	1,141	7,600
１層カーテン	205	1,030	1,424	1,152	612	4,422
２層カーテン	150	868	1,204	969	500	3,692

条件：面積：４間×25間＝100坪、ビニルハウス、暖房設定室温10℃、カーテン資材は農ポリ）、地点は山形
（施設園芸ハンドブックの期間暖房負荷の算定方法を一部改変して計算）

写真１、２　県内ばら栽培ハウスに使用されたサイド２層化

右写真に見られるように、２層を保つように直管でのガードを取り付けた工夫例も見られる。

図４　各種保温方法と暖房負荷の関係

同じ１層被覆の場合（図４の①、②）、カーテンとトンネル被覆の暖房負荷（暖房用燃料の消費量）を比較すると、暖房温度が高い場合は暖房負荷が変わらない。一方、外気との温度差が小さい場合は１層カーテンよりもトンネル被覆のほうが暖房負荷は小さい。被覆空間容積の違いで燃料消費量が違うことがあるので、５℃程度の暖房温度や春期のように外気との温度差が小さい時期では、暖房空間を小さくする工夫は有効である。

加温ハウスの被覆は、いろいろな方法が行なわれている。多層被覆を行うにはハウスの被覆方法を踏まえ、栽培する作物管理の適合性や作業性、暖房温度を考慮した被覆を採用する。

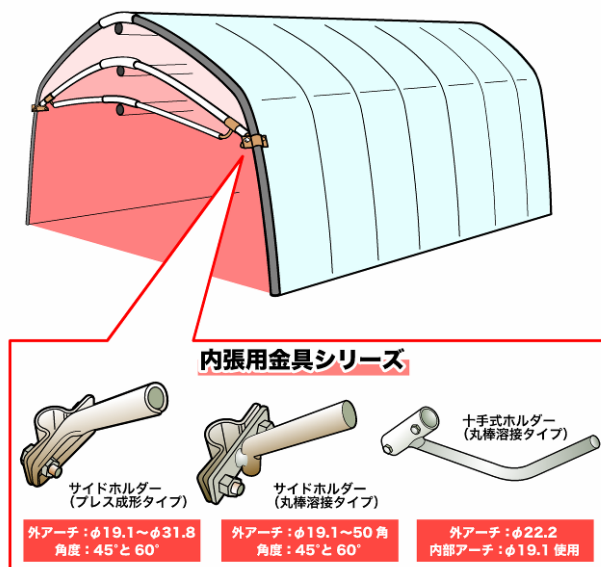
多層被覆は、カーテンやトンネルの他、空気膜被覆方式がある。空気膜被覆では温室の構造材に直接固定する方式と、温室内にパイプなどを組み立て、これに固定する方式がある（図５）。２層にする場合、２枚の被覆間隔が１cmあれば保温性が通常の２層と同等かそれ以上である。

図提供：（株）佐藤産業

図５　天カーテン２層に改造可能な資材例

巻き取り器具と取り付けてカーテン開閉する。

写真３～６　天カーテンの実際の設置例（写真提供：（株）佐藤産業）

軽量鉄骨での空気膜は、被覆資材としてＦクリーンを用いた「エアハウス」、「ペアハウス」が提案・施工されている。「エアハウス」は通常の被覆の上側にもう１枚フィルム（Ｆクリーン）を張り、空気膜を形成するためにブロアで空気を送風するタイプである。「ペアハウス」は、骨材の上に金具を取り付けることで上側に張ったフィルムと空間を作るタイプである。新設ではコストが若干安い「エアハウス」

の導入がみられ、改装ではガラスハウスでの施行例も見られるように、適用性が高い「ペアハウス」の導入がみられる。空気膜は屋根面だけでなく、サイドや妻も含めて全面行なうことができる。屋根面だけの改造では省エネルギー効果が小さく(表11)、ハウス全面での被覆が推奨されているが、コスト面からの検討が必要である。ハウスサイドの２層化は県内でも導入事例が見られる。なお、サイドの 2 層化は自作可能である。

表11　暖房機の運転時間（2002年．農業生産技術試験場）

ハウス屋根の形状と使用フィルム	運転時間	同左割合
屋根2層（Fクリーン厚さ0.06mm＋0.04mm）	89時間	86%
屋根単層（ポリエステル系厚さ0.15mm ）	103時間	100%

2002年2月7日～14日、同じ形・面積の軽量鉄骨ハウスで14℃設定

（２）被覆資材の違い

ハウス内張り用のフィルムは農業用ポリ塩化ビニルフィルム、農業用ポリオレフィン系特殊フィルム、農業用ポリエチレンフィルムが用いられ、前 2 者の使用が多い。この他農業用エチレン酢酸ビニル共重合体フィルムも内張り用としてあるが、現在はほとんど使用されていない。なお、防曇（メーカーの無滴、流滴、防滴の表示は同じ意味)、防霧性加工されているものは、表裏があるので、印字面を外側から読めるように張る。

通気性・透湿性資材としては、ポリビニルアルコール（ＰＶＡ）性の商品名ベルキュウスイ(１８年９月製造中止)、サンサンカーテン、ポリエステル（ＰＥＴ）性の商品名ラブシート、ニュー無天露ＵＶなどがある。

これら資材の保温性は表 12､図６に示している｡保温性と吸湿性など資材の特徴、価格を考慮して選択する。

ア　農業用ポリ塩化ビニルフィルム

内張り農ビは、原料配合面で外側ビニルより硬めにして、べたつきがなく開閉作業性と水の溜りやすさを改善してある。また、防曇、防霧性が良好になるよう加工されている。製品によって長期間の防曇性など特徴をもたせている。厚さは 0.05 ㎜、0.075 ㎜の２種類がある。

イ　農業用ポリオレフィン系特殊フィルム

汚れにくく、光透過率が落ちにくい性質があり、耐久性が優れる。保温性は農ビに近づいた製品が出されている。多層構造のフィルムであることが多く、保温性に違いが見られるが、データは不明である。有孔加工を施し、水の滞留を無くしたタ

イプの製品も見られる。一般的に硫黄や薬品劣化がおきやすいので硫黄燻蒸および硫黄系薬剤の使用を避ける。なお、劣化を少なくした製品も販売されている。カーテン用としては厚さ 0.05 ㎜、0.75 ㎜がある。

写真 7　ハウスぶどうに追加設置された内張りカーテン用設備（山形市）

ウ　農業用ポリエチレンフィルム

農業用ポリ塩化ビニルフィルムに比べ保温性が劣る。しかし、ハーモニカ構造の資材（商品名：サニーコート）や無数の泡を閉じ込めた低発泡資材（商品名：ハイマット）のように農業用ポリ塩化ビニルフィルムよりも保温性が高い製品があり、サニーコートではハウスサイドに多用されている。サニーコートや低発泡資材は、防曇処理がなされていないため、天カーテンに使用できない欠点がある。また、サニーコートは素材に厚みがあり裾に隙間が開いてしまうため、裾の接触面を平らにし、密閉度を高める必要がある。一方、包装用のプチプチの資材を利用した保温資材が開発されている。

なお、農業用ポリエチレンフィルムでも反射フィルムは保温性が高い。

表 12　各資材の価格の目安

資材名	規格	商品名	価格（/㎡）
農業用ポリ塩化ビニルフィルム	0.05mm	サンスリップキリナイン	60 円
農業用ポリオレフィン系特殊フィルム	0.1mm	クリーンテート	85 円
農業用ポリエチレンフィルム	0.05mm		15 円
ポリビニルアルコール	－	サンサンカーテン	250 円
中空二重構造被覆フィルム	－	エコポカプチ	120 円

表13　各種資材の保温性比較（資料提供：アイオン（株））

資材	厚み μ	暖房負荷係数* kcal/m²・hr・℃		透湿度 g/m²・24h	赤外線** 透過率%
ﾍﾞﾙｷｭｳｽｲN5050	50	2.57	(81.3%)	1970	20.1
農業用ポリ塩化ビニルフィルム	50	2.60	(82.3%)	129	31.1
農業用ポリエチレンフィルム	50	3.16	(100%)	17	81.9
不織布	乾燥時	3.03	(95.7%)	－	－
	湿潤時	3.24	(102.5%)	－	－

＊：（　）内は農ポリを100%としたときの比
＊＊：測定赤外線波長6～17μ

（３）気密性

ハウスの隙間からの熱の損失（隙間換気伝熱負荷）は全体からみれば、０～20%程度であるが、ハウスの周りの風速によっては大きな熱損失となる。また、維持管理が不十分であると熱損失割合が大きくなるので、ハウス内外を点検して、補修等に努める。

隙間は、カーテンでのつなぎ目や妻面上部、側面カーテンの裾部分、側面のまき上げ換気の両端の重なり部分にできやすい。これらの場所を点検し、必要に応じ、ビニル等で隙間を防ぐとともに、サイド側では裾に切断した直管をおもりに用いることで機密性を高める。また、強風時にサイド側があおられて隙間が開かないように押さえのバンドでしっかり止める。

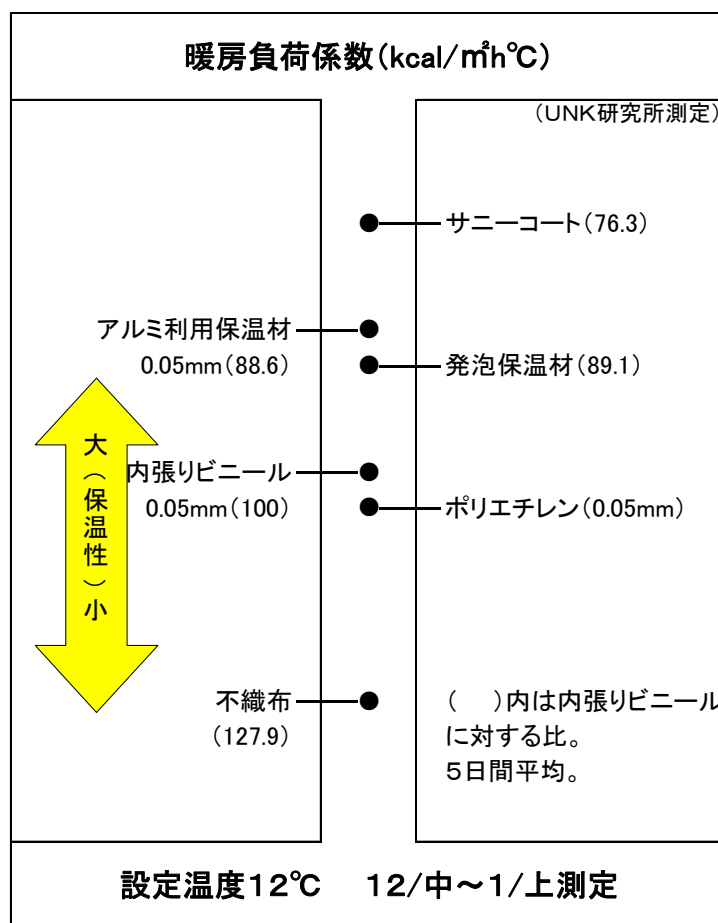



図６　断熱性能比較（基礎試験）

４　温室内の温度の均一性向上

温室内の温度ムラをなくすことは、余分な燃料消費を防ぐこととなる。そのためには、暖房時にハウス中央部、ハウス奥の妻付近、ハウスサイド側などで温度を測定し、均一であることを確認する。

（１）適正な温風ダクトの選定と配置

温室内の気温分布を均一にするため、温風ダクトを用いて配風を行う。ダクトが細かったり本数が少なかったりした場合、送風抵抗が大きくなり風量が減るため、高温の風が吹き出したり、缶体の温度が上がりすぎて缶体寿命が短くなりやすい。そのため、缶体ダクトの直径・数は、暖房機の取扱説明書に従い適正に選定し（表14参考）施工する。また、ダクトの配置については下記を参考に配置するが、間口４間程度のパイプハウスでは、温室の側壁部分が冷えやすいことから、サイド側に配置する。

表14　ダクトの太さと必要本数（ネポン社）　単位mm

型式＼折り幅（直径）	低床タイプ・チャンバータイプ					エルボタイプ	
	主ダクト	枝ダクト本数					
		400(250)	475(300)	550(350)	630(400)	475(300)	550(350)
HK1527	630(400)	6	4	−	−	3	−
HK2027	630(400)	8	6	−	−	4	−
HK3027	900(570)	14	10	6	4	6	−
HK4027	900(570)	16	12	8	6	8	−
HK5027	1100(700)	22	16	10	8	−	6
HK6027	1100(700)	26	20	14	10	−	8
HK-7026	1100(700)	−	−	18	12	−	−
HK-8026	1100(700)	−	−	18	12	−	−

（注記）最小本数なので、できるだけ表の本数以上にする。

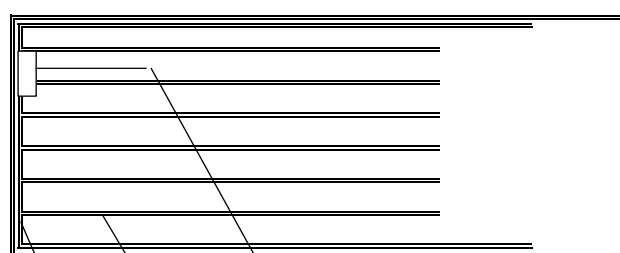
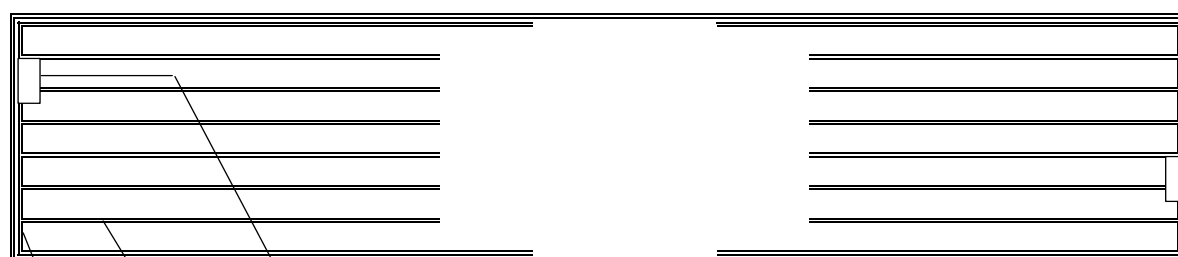



図7　ダクトの配置例（ダクトに穴を開けない場合）

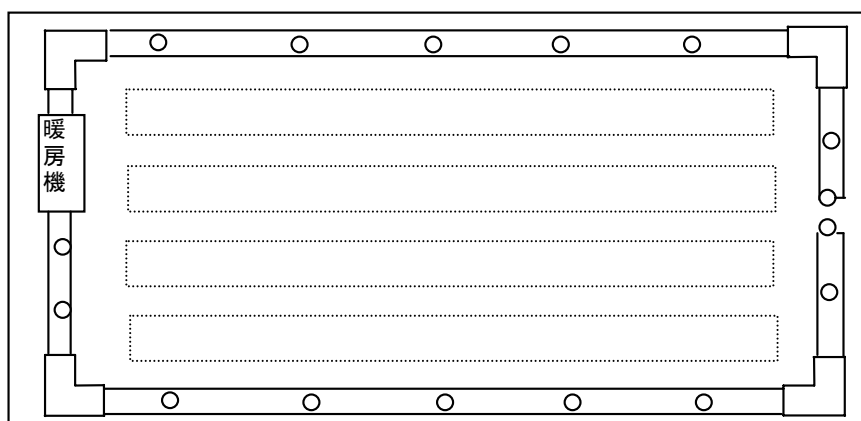



図８　環状ダクトの張り方例
ハウス内気温が均一になるように、ダクトに適切に穴を開ける

ダクトに穴を開ける場合は、暖房機から離れている側が冷えやすいので密にし、暖房機側を疎にする。また、送風時にある程度の張りが保てる程度に調整する。

なお、ダクトをハウス内上部に設置している例を見かけるが、この場合、対流がおきず上下の温度差が大きくなり、効率的な暖房とはいえない。

（２）循環扇の活用による温度の均一化

加温ハウス内の温度が垂直分布し、必要以上の暖房を行う場合がある。表 15 にあるように、何もしないと上下層間で 2.8℃の温度差があったが、循環扇を用いると 0.8℃に縮まった。草冠上下の温度差がなくなり、効率的に暖房が行なわれた。なお、循環扇を用いても施設内湿度は低下しないが、結露が抑えられることから、病害の発生を抑える効果も期待される。ただし、風速 0.7m程度の風（線香の煙が真横に流れる程度）が必要であると報告されている。

表15　　トマト半促成栽培施設内の微気象と灯油消費量（広島農技センター　2002）

項目	送風機設置	無処理	節約率
風速	0.89±0.07m/ｓｅｃ	0m/ｓｅｃ	
草冠上層部平均気温	１６．３℃	１７．３℃	
草冠下層部平均気温	１５．５℃	１４．５℃	
上下層間温度格差	０．８℃	２．８℃	
灯油消費量	16.7ﾘｯﾄﾙ/day	19.0ﾘｯﾄﾙ/day	12%
灰色かび病発病側枝率(%)	0	0	
灰色かび病発病側枝率(%)	0	0	
風速	0.70±0.07m/ｓｅｃ		
早期果実表面結露量(mg/cm)	0.80±0.32	2.54±0.86	
灰色かび病発病側枝率(%)	0.6a	11.3b	
灰色かび病発病側枝率(%)	3.5a	14.1b	

注．使用循環扇はボルナドファン。灰色かび病発生状況は別ハウスでの実験。

（３） 温度センサーの適正な設置

暖房機の温度センサーは、適正な位置に設置することが大切である。作物の丈に合わせて上下させるが、必要以上にセンサーの位置が低いと、暖房機が無駄に稼動することとなる。また、ダクトの吹き出し温度の影響を受ける位置にセンサーを設置した場合は、暖房機の運転に伴って急激な温度変化が現れ、ハウス全体を適切な温度に保てないだけでなく、過剰に煩雑な運転停止が繰り返され、部品等の耐久性にも影響を与えるおそれがある。

５ 農作物の栽培環境制御技術

各作物の生育ステージに応じた温度管理を行なうのが基本である（Ⅲの各作物で詳述)。ここでは、温度管理でもさらに省エネルギーとなる方法について説明する。

（１）変温管理

施設園芸では、変温管理とは作物の生理機能の変化にあわせて、１日の時間帯で設定温度を変える温度管理をいう。すなわち、プログラム制御による温度管理の一種である。日中は光合成が十分に行われる温度に設定し、夕方から 4～5 時間の前夜半は転流促進時間帯となり、転流を短時間で終わらせるため比較的高めに温度管理する。その後、早朝までの後夜半は呼吸消耗時間帯となり、呼吸による消耗を抑えるため低温管理にする。また、日の出前から数時間、夜間より高く管理し、光合成能力の回復を行うことを早期加温と呼ぶ。このような変温管理による燃料節減率は作物によって異なるが、一般的な恒夜温管理よりも 5～20％と高く、収量・品質は 15～20％増加するとされている。

変温管理は、その日の日射量に応じて設定温度を変えることにより、より有効性が高まるので、効率のよい制御ができる日射制御変温管理法もある。これは、曇天日は作物の光合成が少ないので、夜間の転流も少なく、転流のための温度を上げる必要がないことを利用したものである。トマトについて、天候の悪いときには転流温度を 12℃ではなく 10℃とし、呼吸消耗抑制夜温を 5℃としても、10℃恒夜温よりも収量は減収しないことが実験で示されている。

表16　日射量区分と夜温制御　（久富）

日射区分 夜温処理	250ｌｙ/day　以上	249～150ｌｙ/day	149ｌｙ/day　以下
日射比例夜温	10±1℃	8±1℃	6±1℃
日射比例変夜温	12±1℃～7.5hr～ 5±0.5℃	12±1℃～5.0hr～ 5±0.5℃	12±1℃～2.5hr～ 5±0.5℃
標準恒夜温	8±1℃　一定	同　左	同　左

早朝加温16～17℃を併用

変温管理には、多段式サーモ装置が必要であり、日射制御型のものもある。旧型の暖房機で多段式サーモが組み込まれていない場合、増設可能かメーカーに確認する。

（２）地温管理

地温を高めることによって、通常の管理温度よりも低い温度で同等の生育が行なわれる場合がある。野菜の施設栽培では、関東以北と日本海側の冬季の日照の少ない地域では、積極的な地中加温が行なわれているところが多い。一方、花きではガーベラやアルストロメリアの一部品種（アモール）に効果があるが、その他の品目にはその効果が小さく利用例も少ない。

（３）炭酸ガス施用・廃熱利用

炭酸ガス（CO_2）は植物の同化作用の原料である。一般に、大気中の濃度は約350ppm である。植物や光、温度で異なるが、濃度が高いと同化量が高くなり、一定の濃度まで同化量が高まる。一方、曇天日で換気しない日は２～3 時間で100ppm 程度まで下がることが珍しくない。冬期に密閉期間が長い本県では、CO_2の低濃度による生育遅延等の悪影響は十分に考えられる。

炭酸ガスは土壌有機物の分解から発生してくる。有機物の分解には水分が必要であり、施設内湿度を下げるために通路等を農業用ポリエチレン等でマルチングをすると、土の表面を大気と遮断し、土壌から発生する炭酸ガスが減少する。すなわち、炭酸ガス濃度が低下しやすい環境となる。このため、作付け前に有機物を投入する、あるいは堆肥マルチを行なうなどの対応のほか、外気から炭酸ガスを導くために午前中に 1 回は換気を行なうようにする。

写真 8：ばらで利用が増えている灯油式炭酸ガス発生機

炭酸ガスの積極的施用は、本県でははばらで普及しており、いちごでも庄内地域に炭酸ガス施用が広がってきている。冬期に晴天が多い太平洋側では換気時間が早く、炭酸ガス施用効果が小さいことから普及が進んでいない。一方、密閉期間が長い本県では施用効果が

高いものと推測される。

施用法としてはＣＯ$_2$生ガス（ガスボンベ）、ＬＰＧ焚きの炭酸ガス発生機、灯油焚きの炭酸ガス発生機があるが、施用のランニングコストは圧倒的に灯油焚きが安く、現在はこの方式が多く普及されている。なお、暖房機からの廃熱は 12％程度であるが、灯油焚きは、廃熱も全て施設内に導かれることから、その点からも省エネルギー効果がある。

実際の施用濃度は、葉の障害も考え合わせ、外気濃度の約２倍の 750ppm 程度が適当としている。燃焼により湿度が高まり、病害発生を助長する懸念があるが、高濃度でなければ問題はない。また、一般的な灯油式暖房機の排気を室内に導入し、植物にガス害が発生したケースも経験されており、既存暖房機の改造や安価な農業用石油ストーブでは不純ガス害も懸念されるので、これらを用いた炭酸ガス施用は奨められない。

なお、ネポン社製でネポン社製の灯油式暖房機にアタッチ式で取り付け、暖房時の排ガスをダクトで分配する製品もある。これは、発停時に発生する有害な CO ガスを室外に排出し、タイマーや CO_2 コントローラで必要時に排気ガスを室内に供給する機器である。

（４）廃熱回収装置

Ａ重油を燃料とする温風暖房機の排気ガスへの熱ロスは１２％前後といわれる。廃熱回収装置は、排気ガスから熱回収を行なうものである。現在国内で２社が販売しており、メーカーそれぞれが廃熱回収率を表示している。廃熱回収装置を導入した高知県の例では、ハウス外気温が３℃以下となる場合、節油効果が認められるが、それより高い場合には効果は認められなかった。

逆に、比較的暖房温度が高く、また、暖房期間が長く暖房用燃料を多く使う場合は、価格、省エネルギー効率を考慮し試算（試算例３）により、導入メリットを判

＜試算例２：600 坪ハウスで、年間の重油消費量が 40kL となる暖房を行っている場合、煙突からの廃熱を３割回収する廃熱回収機（2 台）の導入は妥当か＞

	廃熱	省エネルギー効果	燃料費	
40,000L	×12％	×30％	×100 円/L	＝144,000 円

電気代を考え、メーカーカタログからは 14.4 万円節減が見込める。

耐用年数は特にメーカーも示していないが、価格 20 万円の廃熱回収機の耐用年数が 5 年（残存価格 10%）と設定すると、投資可能額は

（年償却費）

20 万円×(1－0.1)÷5 年×2 台＝7.2 万円

この試算からは、廃熱回収機の導入は見込める結果となった。

断できる。

＜試算例３（資料提供：熊本県）＞

廃熱回収装置の投資回収ライン（機材価格 45 万円、重油価格 70 円／ﾘｯﾄﾙ、節油効果 14%の場合）

例えば、暖房機１台で 10kL 使う場合では、４年目で投資を回収できる(○で囲んだところ)。

重油使用量	廃熱回収装置導入に伴う節油金額						
(kL)	１年目	２年目	３年目	４年目	５年目	６年目	７年目
7	68,600	137,200	205,800	274,400	343,000	411,600	480,200
8	78,400	156,800	235,200	313,600	392,000	470,400	548,800
9	88,200	176,400	264,600	352,800	441,000	529,200	617,400
１０	98,000	196,000	294,000	392,000	490,000	588,000	686,000
１１	107,800	215,600	323,400	431,200	539,000	646,800	754,600
１２	117,600	235,200	352,800	470,400	588,000	705,600	823,200
１３	127,400	254,800	382,200	509,600	637,000	764,400	891,800
１４	137,200	274,400	411,600	548,800	686,000	823,200	960,400
１５	147,000	294,000	441,000	588,000	735,000	882,000	1029,000
１６	156,800	313,600	470,400	627,200	784,000	940,800	1097,600
１７	166,600	333,200	499,800	666,400	833,000	999,600	1166,200
１８	176,400	352,800	529,200	705,600	882,000	1058,400	1234,800
１９	186,200	372,400	558,600	744,800	931,000	1117,200	1303,400
２０	196,000	392,000	588,000	784,000	980,000	1176,000	1372,000
２１	205,800	411,600	627,400	823,200	1029,000	1234,800	1440,600
２２	215,600	431,200	646,800	862,400	1078,000	1293,600	1509,200
２３	225,400	450,800	676,200	901,600	1127,000	1352,400	1577,800

写真９　廃熱回収装置の設置状況

（写真提供：高知県）

写真 10　廃熱回収装置の排気口

（写真提供：高知県）

（５）ヒートポンプの導入

燃料価格の高騰に伴い、電気式ヒートポンプによる暖房経費の軽減効果が注目されている。特に、ばら栽培農家においては、暖房の補助だけでなく夏期の夜冷や長雨期の除湿など年間を通した利用が可能であるため普及しつつある。

電気式ヒートポンプは、電気により触媒の圧縮や膨張を行い、効率よく熱を移動させる装置である。原理はエアコンと同じ仕組みであるが、近年は効率向上が図られており、オール電化住宅に用いられているエコキュートとして普及している。同じ電力量を使った場合、電気ヒーターで発熱できる熱量に対して、ヒートポンプは２～３倍の熱量が得られるとされている。

ヒートポンプの原理

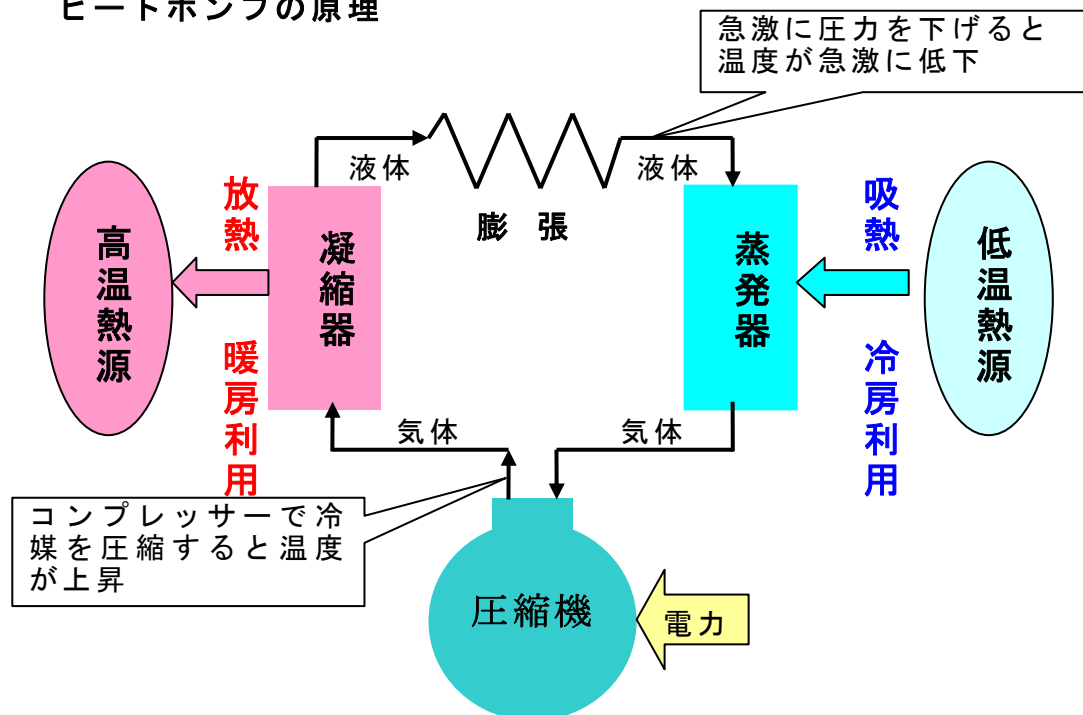



表 17　エネルギー消費量の比較

2006青森県農林総合研究センター

項　目		地中熱システム	灯油暖房	備考
ハウス内平均気温(℃)		16.0	15.2	外気温　-1.4
エネルギー消費量	電力(kWh)	2155.6	64	
	灯油(ﾘｯﾄﾙ)	-	559	
ランニングコスト	電力(円)	32334.0	960	15円/kWh
	灯油(円)	-	41366	74円/ﾘｯﾄﾙ
	合計(円)	32334.0	42326	
	指数	76.4	100	
原油換算消費量	電力(原油ﾘｯﾄﾙ)	547.5	16.3	0.254(原油ﾘｯﾄﾙ/kWh)
	灯油(原油ﾘｯﾄﾙ)	-	531.1	0.95(原油ﾘｯﾄﾙ/kWh)
	合計(原油ﾘｯﾄﾙ)	547.5	547.4	
	指数	100	100	
CO_2排出量	電力(kg-CO_2)	814.8	24.2	0.378(kg-CO_2/kWh)
	灯油(kg-CO_2)	-	1391.9	2.49(kg-CO_2/kWh)
	合計(kg-CO_2)	814.8	1416.1	
	指数	57.5	100	

(注) 1　電力及び灯油の単価は実際の購入価格に基づいて求めた。
　　2　換算係数については、「地球温暖化対策の推進に関する法律施行令」に従った。

ヒートポンプは、燃油を用いる温風暖房機より運転経費は安価になるものの、設備導入時の初期投資が高額になることが欠点である。これは、ヒートポンプ本体が高価であるだけでなく、大きな能力のヒートポンプを導入すると、本体経費以外にも契約容量増加に伴う受電設備の設置などが必要となるためである。このため、冬期の暖房エネルギーのすべてをヒートポンプで供給するのではなく、最低気温時の暖房必要エネルギーの半分程度をヒートポンプで供給し、不足分を温風暖房機で補う、いわゆるハイブリッド方式が望ましい。また、ヒートポンプは、暖房、冷房、除湿と年間を通して利用できる品目・作型での導入効果が高いと期待される。

（６）木質ペレット暖房機の導入

木質ペレットを燃料に用いる暖房機が市販されている。しかし、導入コストが高いことや、地域によっては木質ペレットの輸送コストの関係で割高となっていることなどが原因で限定的な導入となっている。

発熱量の比較例			同じ cal 当たりの単価の比較	
木質ペレット	4,500Kcal/kg	→	40 円/kg	50 円/kg
灯油	8,767Kcal/L	→	77.93 円/L	97.41 円/L
Ａ重油	9,341Kcal/L	→	83.03 円/L	103.79 円/L

※灯油、重油は環境省ＨＰより

また、簡易な構造で安価なタイプも見受けられるが、安全対策には十分配慮が必要である。今後、安全性が高く低コストな木質ペレット暖房機の開発と均質なペレットの安定供給体制の確立が望まれる。

①既存の重油式暖房機に小型ペレット式暖房機（ストーブ型）を併用する場合

小型ペレット式暖房機（ストーブ型）は補助熱源として活用するもので、ペレット式暖房機（ストーブ型）を重油式暖房機に近接して設置し、重油式暖房機の送風機能を活用して施設を加温（循環扇等も併用)、最低限必要な熱量をペレット式暖房機で確保し、栽培適温のための温度確保・調節は重油式暖房機で行う。

②既存の重油式暖房機を大型ペレット式暖房機に切り替え導入する場合

自動温度調節や送風機能のついた 100,000kcal 等の大型ペレット式暖房機が、発売されるようになってきた。本体価格は同一発熱量の重油式暖房機に比べて３～４倍、付帯施設も含めても２～４倍の導入価格差があり、導入費用（イニシャルコスト）が非常に大きい。

写真 11　ハウスおうとうでのペレット暖房機利用
（寒河江市幸生）

写真 12　ペレットタンク

Ⅳ　品目別技術対策

1　果樹

（1）共通事項

○　経済性や樹勢、労働配分等を考慮して、加温開始時期を決定する。

○　初期の地温上昇を図るには、土壌管理方法が草生法より清耕法の方が有利となるため、除草剤による秋期処理や地表面の軽い耕うん等を行っておく。

○　被覆を始めるに当たって、事前にハウス内の除雪・融雪の対策を十分行っておく。

○　省エネ対策として低い温度で管理した結果、収量や品質が落ちたり、出荷時期が予定より遅れて単価が下がることがあるので、生育の状況を見極めた適正な温度管理に努める。

○　保温性を高めるため、サイドを１層、あるいは２層被覆にするとともに妻面にも二重被覆を行う。また、隙間を作らないようスソ巻きをする等の工夫も行い、同時にそれら被覆資材の破損箇所が無いように点検・補修をしておく。天井部の２重被覆についても積極的に実施する（Ⅲ　共通的な技術対策参照)。

○　ダクトの配置の改善やボイラー・換気装置の温度センサー位置の適性化、循環扇の利用等によりハウス内温度の均一化を図り、効率の良い暖房を心がける（Ⅲ　共通的な技術対策参照)。

○　早い作型では、被覆後に透明のマルチを利用することでハウス内地温の上昇と地温保持効果が高まり、省エネルギー効果が期待できる。

　なお、マルチの設置により、日中、過乾燥になる場合があるので、枝散水やマルチ上へのかん水を行いハウス内の湿度を確保する。

写真 13、14　おうとう加温ハウス栽培での屋根の２層改造例（写真提供：北村山農業技術普及課）

（２）おうとう

燃油価格が依然として高値で安定している中で、加温時期の設定に当たっては慎重に検討を行う。燃油価格によっては作型を変更しないと所得が低くなる場合がある（図９）。目標収量を、早期加温の場合 500kg/10a、普通・短期（無）加温及び雨よけの場合 600kg/10a と仮定すると、重油価格 45 円/Ｌでは、早期加温では収量が 100kg 少なくとも短期（無）加温と同等の所得になるなど栽培に余裕がみられるが、重油価格 90 円/Ｌを超えると、収量を確保しないと早期加温の所得はかえって低くなることが推定される。

図 10 によると、重油価格が 125 円/Ｌのレベルでは、燃油使用量の少ない短期（無）加温の所得は比較的多い試算となる。この条件で早期加温を続けることは非常に厳しいことから、収量性の高いハウスに限定することや結実確保対策を徹底し多収をめざすことなどの注意が必要がある。

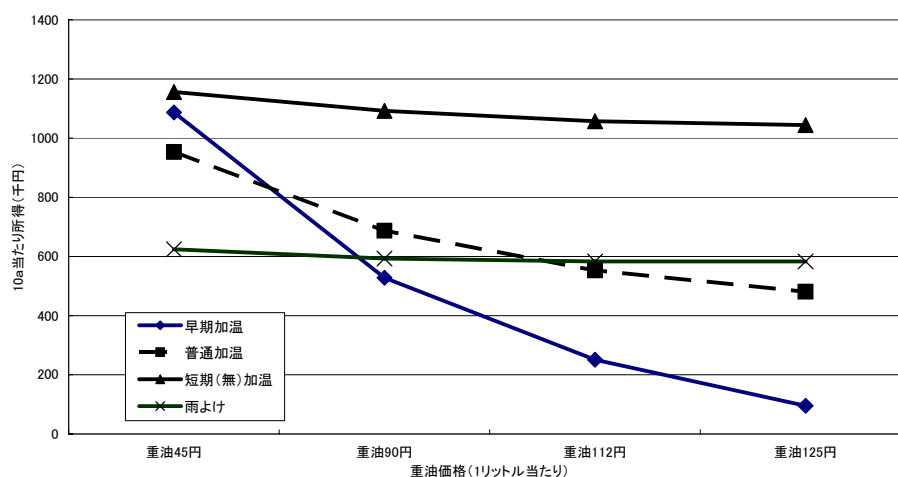



図9　燃油価格がさくらんぼ加温栽培の所得に及ぼす影響
（10a当たり収量の目標：早期加温500kg、その他の作型は600kg）

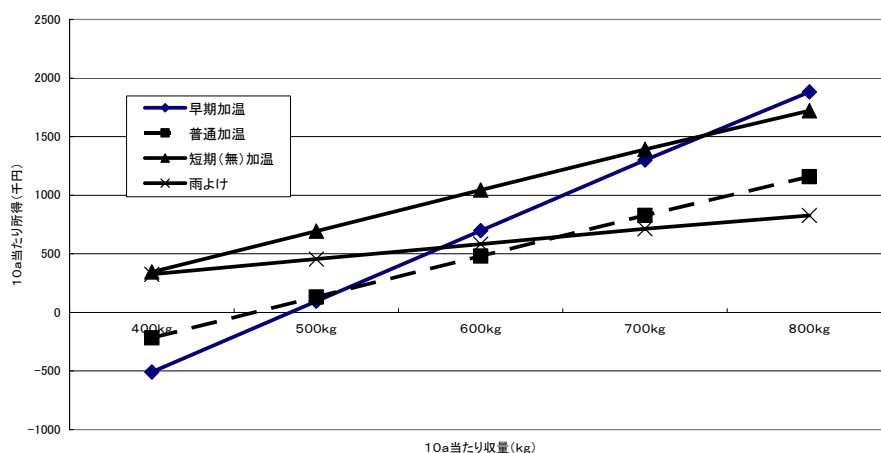



図10　収量性がさくらんぼ加温栽培の所得に及ぼす影響
（重油価格設定：125円/リットル）

① 休眠覚醒と加温の開始

加温の開始に当たっては、低温遭遇時間を確認し休眠の覚醒程度を把握・判断したうえで行う。‘佐藤錦’の休眠覚醒の目安は、7℃以下の積算時間で1,650時間、チルユニット方式では1,500ユニットを基準とする。

休眠覚醒が不十分な条件で加温を開始する超早期加温の作型では、休眠打破剤を使用し生育をそろえる。散布処理に当たっては、処理後1昼夜は降雨・降雪に当たらないよう12月中下旬の天気の良い日が続くような日を選んで実施するか、被覆後に換気に十分注意して散布する。

ほぼ自発休眠が覚醒する1月 20 日以降に加温を開始する早期加温の作型においても、休眠打破剤を使用することで生育が進み、発芽・開花の揃いが良くなる。ただし休眠打破剤は、樹勢が弱い場合や芽の充実が悪い樹体条件で使用した場合には花芽の枯死を多く発生させるので、使用に当たっては樹勢や樹体条件に十分留意する（図 11)。

図 11　休眠打破剤（シアナミド剤）の使用方法

② 温度管理

生育ステージに応じた温度管理を行う。加温開始が早いほど生育が不揃いになりやすいので、早い作型ほど夜温を低めに管理し緩やかに生育を進める。

表 18　ハウス栽培における温度管理

生育相	昼温	夜温	注意事項
被覆	15℃	0℃	昼温は高くても20℃を越さない。夜温は作型に応じて対応する。
加温開始	15℃	0～5℃	
発芽期	15～20℃	5～7℃	昼温・夜温は、この範囲内で前半は低め、後半は高めで管理する。
開花始期 満開期 落花期	18～23℃	7℃前後	開花期の昼温は25℃、夜温は10℃を越さないように注意する。
	20～25℃	8～13℃	昼温・夜温は、この範囲内で前半は低め、後半は高めで管理する。
硬核期 収穫期	25℃前後	13℃前後	昼温は30℃を越さないように注意する。

昼温から夜温、夜温から昼温に代わる時間帯の管理温度は、日照時間の変化や外の気象条件に応じて変え、また設定温度も多段サーモを利用して段階的に変えるなど、効率よい変温管理に努める。

また、日没の１～２時間前にはハウスを閉めて蓄熱し、日中の太陽光を効率よく活用する。発芽期から開花期にかけて高温条件となると花粉量の減少や奇形葉の発生、さらに結実率の低下などの影響が顕著に現れるため、十分注意する（表19）。

表 19　高温処理（35℃）が花器形質及び奇形葉発生と結実に及ぼす影響

発育ステージ	処理時間	葯長（μm）	花粉量(個／葯1個)	花粉発芽率（%）	正常花粉率（%）	奇形葉発生率(%)	結実率（%）
発芽期	1時間	888	2580	53.2	65.2	19.9	29.8
	3時間	824	860	27.0	37.7	28.0	25.0
	6時間	788	300	7.4	4.0	37.5	20.0
発芽15日後	1時間	936	1620	62.9	83.6	10.1	22.5
	3時間	932	2410	67.8	82.5	13.0	11.7
	6時間	908	2450	66.8	90.6	26.6	14.5
満開期	1時間	ー	ー	ー	ー	8.5	16.3
	3時間	ー	ー	ー	ー	11.3	6.1
	6時間	ー	ー	ー	ー	15.5	5.5
無処理		976	2420	73.7	94.0	0.0	29.8

（３）ぶどう（デラウェア）

①　休眠打破剤の利用

３月上旬までに被覆・加温開始する早い作型では、休眠打破剤の使用を検討する。散布処理に当たっては、処理後１昼夜は降雨・降雪に当たらないよう、11 月下旬～12 月上旬の天気の良い日が続くような日を選んで実施する。

休眠打破剤を使用した場合は、芽出しが良好になるため芽かきが不充分になりやすいので、１回目の芽かきを早期に行い適正な新梢数の確保に留意する。

ハウス栽培の場合、休眠打破剤使用の有無に関わらず、適正樹勢の維持に留意する必要がある。このため、花穂の整理はできるだけ１回目ジベ処理前に行う。

②　温度管理

被覆直後から急に温度を高めると根の活動が伴わず発芽不揃いとなるので、被覆後、作型に応じて一定期間（７～10 日間程度）無加温で管理し、その後、生育ステージに応じた温度管理を行う。

生育を進めるため、加温開始から催芽期（芽が膨らみ始める時期）までは日中カーテンを締め切り、28～30℃を確保する。自動換気装置を導入している場合は、センサーに直接日光の当たらないようにカサかけをして、芽の高さに設置し、35℃程度に設定する。この際、ハウス内の湿度保持には十分留意し、枝散水等も確実に実施する。催芽期以降は 30℃以上にならないようにしながら、太陽光を効率よく活用し昼温を確保する。

自動換気装置設置園では、場所による生育の差を把握した上で、生育が遅れやすい場所のハウス側面の開放設定温度を、生育の進んだ場所より２～３℃高めに設定し、生育を揃える（表 20）。

表 20　「デラウェア」におけるハウス栽培温湿度管理

<table>
<tr><td colspan="3">生育相</td><td colspan="8">被覆　加温始　水上げ　発芽　展葉3～4葉　GA処理直前　第1回GA処理　開花期　第2回GA処理　着色始　収穫始</td></tr>
<tr><td colspan="3">昼温</td><td>20～25℃</td><td colspan="2">28～30℃</td><td colspan="3">23～25℃</td><td colspan="2">25～28℃(30℃以上にしない)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">夜温</td><td rowspan="2">加温ハウス</td><td></td><td>0℃以上</td><td>午後4時～翌朝7時 17℃→5℃</td><td>午後4時～翌朝7時 20℃→5℃</td><td>午後4時～翌朝7時 24℃→5℃</td><td>午後4時～翌朝7時 24℃→10℃</td><td>午後4時～翌朝7時 20℃→10℃</td><td>午後4時～翌朝7時 24℃→10℃</td><td>外温(適温15℃)</td></tr>
<tr><td>変温管理例</td><td>被覆後7～10日間は無加温で管理する。
℃ 24 20 16 12 8 5</td><td colspan="2">暖房機の能力、燃料消費量さえ許せば、最低夜温を10℃とする。
17℃ 13℃ 5℃ (16 18 20) ／ 20℃ 18℃ 15℃ 5℃ (16 18 22 2)</td><td>24℃ 15℃ 5℃ (16 18 22)</td><td>24℃ 15℃ 10℃ (16 18 22)</td><td>20℃ 15℃ 10℃ (16 18 22)</td><td>24℃ 18℃ 14℃ 10℃ (16 18 22 4)</td><td>外温</td></tr>
<tr><td colspan="2">無加温ハウス</td><td>0℃以上</td><td colspan="2">最低夜温 5℃</td><td colspan="4">最低夜温 10℃</td><td>外温(適温15℃)</td></tr>
<tr><td colspan="3">湿度</td><td colspan="3">90%</td><td colspan="2">50%</td><td>60%</td><td colspan="2">50%</td></tr>
</table>

表 21　デラウェア加温ハウス栽培における省エネに向けた変温管理の現地事例

（2 月下旬～3 月上旬被覆、7 月上中旬収穫の作型における加温設定温度）

生育ステージ＼時間	6～10時	10時～15時	15時～20時	20時～6時
加温～催芽	13℃	20℃	15℃	5～10℃
催芽～発芽	15℃	20℃	17℃	5～10℃
発芽～展葉	15℃	20℃	15℃	5～7℃
生育ステージ＼時間	**5～9時**	**9時～16時**	**16時～22時**	**22時～5時**
～展葉3，4枚頃	15℃	20℃	17℃	5～7℃
～1回目ジベ処理前	15℃	20℃	20℃	10℃
生育ステージ＼時間	**5～9時**	**9時～16時**	**16時～22時**	**22時～5時**
1回目ジベ処理期	10℃	17℃	15℃	7℃
生育ステージ＼時間	**5～9時**	**9時～16時**	**16時～20時**	**20時～5時**
開花～着色始期	15℃	20℃	20℃	15℃
～収穫期	外気温	外気温	外気温	外気温

※ 換気温度は催芽期以前は棚上で35℃以下、それ以降は30℃以下を目安とする。

昼温から夜温、夜温から昼温に代わる時間帯の管理温度は、日照時間の変化や外の気象条件に応じて変え、また設定温度も多段サーモを利用して段階的に変えるなど、効率よい変温管理に努める（表 21)。

2　野菜

（1）きゅうり半促成栽培

ア　作型の特徴

半促成栽培とは、収穫期をできるかぎり前進し、早期出荷による高価格をねらう作型である。作型前進は、市況は有利になるが、生育環境が低温少日照下におかれるため、高度な肥培管理技術が必要となる。併せて、燃料費の増大が伴う。このため経営として収益を確保するには、省エネルギー対策が必須となる。本県では、生育量が増加するつる上げ期を、日射量が増大する２月下旬以降とする作期が基本である。

イ　生育適温

生育適温は 18～25℃であり、10～12℃以下では生育は停止する。地温は 20～23℃が適温であり、12℃以下では生育せず、少なくとも 15℃以上が必要である。低温管理すると、草勢低下を招き、かんざし症状や肩こけ果の発生が懸念されるので、草勢等生育状況を十分の観察しながら、適温管理に努める。

ウ　温度管理

暖房ムラが生じないよう、ダクトの配置や、暖房機の設置場所に気をつける。午前中は気温を 25～28℃、午後はこれより 3～5℃低く管理するを目標に管理する。曇天時には 20℃前後にする。夜間は変温管理とし、前夜半（転流促進時間帯：日の入りから 4 時間程度）を 15～18℃、後夜半は呼吸消耗を抑えるため、段階的に温度を下げ 10～12℃に管理（図参照）する。変温管理による節油効果は作型や栽培期間中の外気温、設定温度により異なるが、約 10％程度といわれている。また、光合成促進のため、日の出前 1 時間を目安に後夜半より 3℃程度高くする早朝加温（目標温度 15℃）を行う。なお、早朝加温については、外気温が最も低くなる時間帯であり、設定する温度によって節油効果が相殺される場合がある。地温は収穫開始期まで 17℃とし、それ以降は 15℃とする。

エ　その他の管理

整枝の適正化や老化葉の適葉により、透光・通風を促進し、光合成能力の向上を図る。また循環扇の設置により、ハウス上層部の暖かい空気を下層に循環させることで施設内の温度ムラをなくす。

その他、施設の保温性と暖房効率の向上については、Ⅲの共通的な技術対策の項を参照のこと。

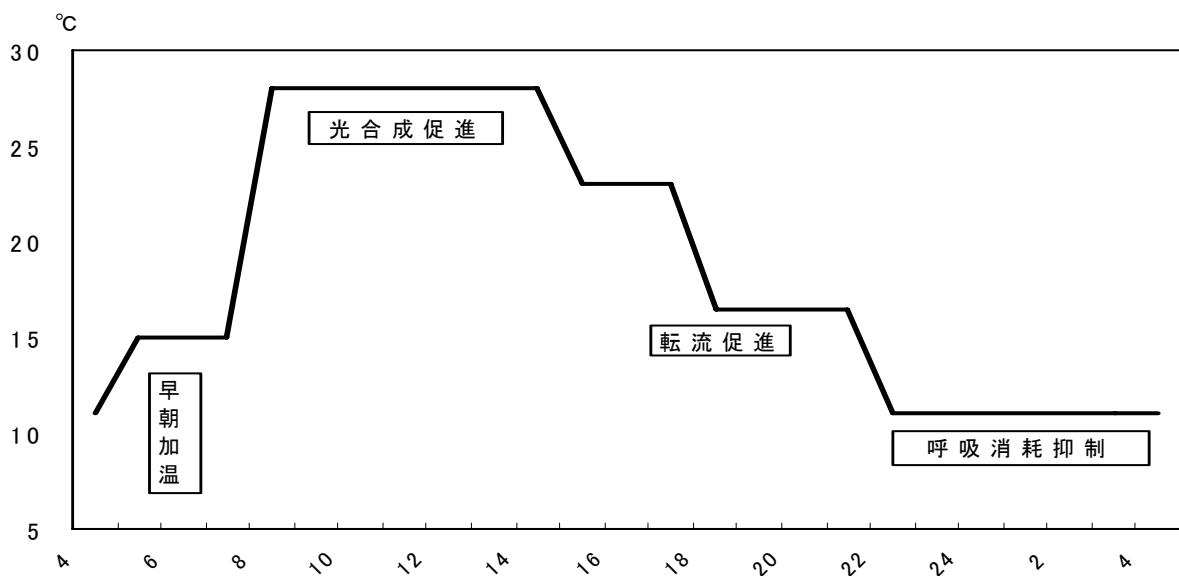



図 12　きゅうり変温管理例

（２）いちご促成栽培

ア　作型の特徴

促成栽培では、秋季から厳寒期を経て春季までの栽培が継続されるため、厳寒期の草勢確保が重要になる。

イ　生育適温

果菜類の中では低温性で、生育適温は 15～20℃で、最低限界温度は 3℃である。きゅうりやトマト等の他の果菜類と比較すると経営費のなかで光熱費の占める割合が少ない。

ウ　温度管理

省エネ対策のため、夕方から早朝にかけて下記基本設定温度の１～２℃の低下は可能であるが、それ以上の低温管理は草勢の低下を招きやすいので、生育状況をよく観察しながら適温管理する（表 22)。

表 22　生育ステージ毎の温度目安

生育ステージ	日　中	夜　間
出蕾期～開花期	27～28℃	8～10℃
果実肥大期	23～25℃	8℃以上
成熟期	20～23℃	8℃以上

１日の温度管理は、変温管理を行う（表２３)。変温管理による燃料節減効果は約 5～20％あるといわれている。

午前中は光合成促進のため 25～27℃と高めの温度を目標に管理する。午後は室温を徐々に下げて同化産物の消耗を防ぎ、夕方から４時間ほどは 12～15℃を目標に各器官への同化産物の転流を促す。夜間は草勢維持のため 8℃とするが、これ以下の温度になると樹勢の低下や生育遅延、花粉の稔性低下等を招くので注意する。朝方は光合成に備えて、日の出３０分前位からハウス内の温度を上げる。

低温管理を補うためには電照による日長延長が効果的である。開始時期の目安は 10 月下旬ころからであるが、株の草勢によって開始時期を決定する。開始時期が早すぎると過半茂となって収量や品質の低下を招くので草勢が強い場合は遅らせる。おおよそ１４時間日長となるようの明期延長を行い、２月下旬から３月上旬を終了時期とする。

表 23　１日の温度管理の目安（変温管理）

時期	朝　方	午前中	午　後	夕方	夜　間
目的	光合成に備えて	光合成作用	呼吸抑制	転流	草勢維持
温度	15℃	25～27℃	15～22℃	12～15℃	8℃

※最低夜温は土耕栽培で 8℃、高設栽培で 10℃以上の確保は不可欠である。

エ　その他の管理

密植や過繁茂は採光性が悪なるので、適切な株間と古葉の適葉等の管理を徹底し、光合成能力の向上を図る。また循環扇の設置により、ハウス上層部の暖かい空気を下層に循環させることで施設内の温度ムラをなくす。

その他、施設の保温性と暖房効率の向上については、Ⅲの共通的な技術対策の項を参照のこと。

3　花き

表24　切り花の冬期の標準管理温度　（並河）

種別	昼温（℃）	夜温（℃）	備考
カーネーション（大輪）（周年）	20	12	
〃　（大輪）（初期）	18～20	10～12	
〃　（ｽﾌﾟﾚｰ）（周年）	18～20	10～12	
〃　（ｽﾌﾟﾚｰ）（短期）	20	10～12	10節までは夜温8～9℃
ばら	23～25	15～18	品種による
きく	25以下	14～18	
宿根かすみそう	22以下	8～10	草丈20cmまでは夜温15℃ 若苗利用は夜温15℃
アルストロメリア	20	5～10	
スターチス（ｼﾇｱｰﾀ）	25以下	8～10	
スターチス（Hyb））	25以下	10	
きんぎょそう	20以下	5～7	
スイートピー	18	5～7	曇天日は低め
トルコギキョウ	25	13～15	
テッポウユリ	25以下	15～18	
アジアンティック（Hyb）	25以下	13～15	
オリエンタル（Hyb））	25以下	15	
チューリップ	25以下	14	
はなもも	20	20	
ゆきやなぎ	25	5	

（１）管理温度

ア　気温管理

品目ごとの冬期の標準管理温度を示したが、温度センサー位置に注意し、ハウス内の温度ムラがないように点検をしながら、最適な温度を設定する。

（ア）ばら

ばらは夜温が１℃低下すると、出荷までの日数が約３日程度遅くなると報告されている。また、品種によっては温度不足で赤色品種では花の色が黒く変色する（ブラックニング）場合もある。そのため、品質を保ち出荷するには、必要な最低温度を維持する。最低温度は品種によって 16～18℃と異なる。低夜温品種群を１室にまとめることが考えられるが、現実的には困難であり、１８℃を維持することとなる。

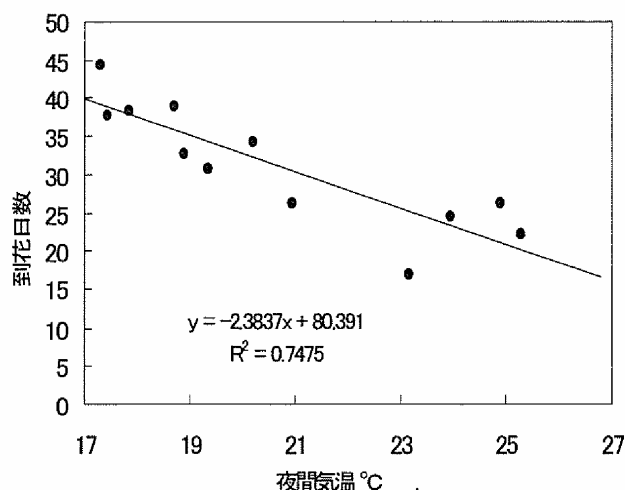



図 13　ばらの最低温度と到花日数（佐藤．2005）

冬季休眠作型では１月下旬から２月上旬にかけて加温を開始するのが一般的であるが、そのときの加温温度が低いと品種によってはブルヘッドなどの奇形花が発生するので、基本的には 16～18℃を保たなければならない。

このように、ばらでは暖房温度を下げるのは省エネルギー方法としては不適当なので、施設の保温性及び暖房効率に向上を図ることが重要である。

（イ）スプレーぎく

スプレーぎくは通常 14～16℃で管理するが､正常に花芽分化をさせるため花成誘導する３日前から３週間は 18℃に上げる。このとき、１時（深夜）～17 時（夕方）には 14℃にしても発らい（＝開花)、品質（花数）が変わらない。留意事項として、ハウス内循環扇が設置されていない場合は設定温度プラス２℃で設定が

表25　スプレーぎくの変温管理の主なデータ（２００３．鹿児島農試）

品　種	温度管理	消灯－発蕾所要日数（日）	１次花数（個）
モナリザ	１８－１８℃（一定）	22	10.0　± 0.9
	１８－１４℃（変温）	22	10.0　± 1.1
イエローベスビオ	１８－１８℃（一定）	22	14.4　± 0.5
	１８－１４℃（変温）	22	15.8　± 1.7
イエローユーロ	１８－１８℃（一定）	22	8.8　± 0.7
	１８－１４℃（変温）	22	10.0　± 0.6
レルビン	１８－１８℃（一定）	21	10.4　± 0.5
	１８－１４℃（変温）	22	11.2　± 0.4
ジョースピッツ	１８－１８℃（一定）	22	14.8　± 0.4
	１８－１４℃（変温）	22	14.2　± 1.2
ロリポップ	１８－１８℃（一定）	22	7.6　± 1.0
	１８－１４℃（変温）	23	8.6　± 0.8

注．①１４℃の設定時間は１：００～１７：００
　消灯３日前から消灯後３週間の期間に実施
　鹿児島ではこの期間25%暖房コスト削減となる。

進められている。ただし、この結果は、鹿児島で示されたもので、日中に温度が上がりにくい本県秋冬期での適用性については未知であり、また、新品種等を導入した場合も確認する必要がある。

（ウ）輪ぎく：「神馬」

神馬や新神では幼若性が強く、穂冷蔵や母株が低温遭遇すると花芽分化が抑制される。このようなタイプのきく（鹿児島では幼若性品種と呼称している）では、花芽分化時の夜間の温度は前夜半が重要である。花芽分化期間（消灯３日前～出蕾）の温度管理は17時～１時（深夜）を18℃、１時～９時を14℃とするとよいとしている。

なお、この結果は鹿児島で示されたもので、日中に温度が上がりにくい本県秋冬作での適用性は未知である。日中の温度では20～23℃を目安とし、昼温が低下すると開花遅延の原因となり、必要以上に昼温を高く設定すると伸長性、秀品率が低下する場合がある。

表26　神馬での各系統での栽培モデル（資料提供：鹿児島県農業開発総合センター）

栽培モデル	品種	時期ごとの最低夜温（℃）※実温			栽培期間			暖房コスト		備考
		定植～消灯４日前	消灯３日前～発らいまで	発らい～収穫まで	栄養生長期間（日）	到花日数（日）	合計日数（日）	燃料消費量 L/1,000㎡	暖房コスト対比（標準①対比）	
標準①	神馬１号	14	18	14	50	55	105	8,091	100%	
標準②	神馬１号	12	20	14	60	55	115	8,003	99%	開花遅延の恐れ
低コスト	神馬１号	14	18-14	14	50	55	105	7,216	89%	午前1時で変温

注1）鹿児島県山川町での１１～3月の外気温を基に3月開花の作型でシュミレートした。
注2）消灯日を1月7日とし、栄養生長期間と到花日数で定植日、収穫日を設定した。

（エ）カーネーション

時刻	日没～22時	22時～日の出	日の出～日没
温度	12℃	8℃	20～25℃

品種によって差があるが、一般的には最低夜温10～12℃を基準として管理する。日中の高温管理は品質を低下させるので、適温範囲内で管理するよう注意する。

（オ）トルコぎきょう

促成栽培では、花芽分化を進めるための暖房温度は１５℃以上である。従って、これより低い暖房温度であると、開花が著しく遅くなり、暖房を行なう意味がなくなる。

本格的な暖房開始時期までは４～５週間、５℃程度に保つのが一般的である。定植は遅くならないよう 11 月に行い、越冬を迎えるまで十分に根張りをよくすることで、暖房開始まで低温管理（加温開始前無加温もしくは０℃程度）が可能となる。この場合、地上部はほとんど生育しないため不要な下位側枝発生が見られず好都合

である。花芽分化するためには生育量として早生品種では７節程度（内部の節を加えると１０節)、中生品種では 12 節程度（同 15 節）が必要である。従って、春期の本格的な加温に先立って 10℃程度で生育を促進させ、早生品種では７節、中生品種では１２節に達したときから本格的な加温（15℃以上）を行なう。

本格的な加温を開始する前に晴天時に軽く萎れる程度になるようかん水を控えて花芽分化を促す。なお、極端に控えるとボリュウムが不足してしまうので注意する。早い時期に暖房を打ち切ると収穫日が遅れるので、トルコぎきょうの省エネルギー法は暖房開始時期で調節することを基本とする。

表 27　トルコぎきょう促成栽培の栽培条件と収穫時期例（庄内総支農技普及課産地研:2001)

栽培条件	播種:9 月 13 日 定植：11 月 9 日	温度管理	～1/31 無加温	2/1 ～ 10℃	3/22 ～ 15℃	4/23 ～ 18℃	5/18 ～ 15℃
		日長管理	3/22～5/10 電照				
収穫	ネイルハート	平均収穫日	6 月 2 日				
	ﾋﾟｯｺﾛﾌﾞﾙｰﾋﾟｺﾃｨ	平均収穫日	6 月 9 日				
	ｱﾛﾊﾌﾞﾙｰﾗｲﾝ	平均収穫日	6 月 14 日				

表28　加温開始時期と平均収穫日
（庄内総支農技普及課産地研:1996)

品種名	促成開始日	平均収穫日	（無加温差）
		（月．日）	（日）
あずまの漣	1月1日	6．1	(-33)
	2月1日	6．4	(-30)
	3月1日	6.22	(-22)
	無加温	7.14	
ﾐｯｷｰﾊﾞｲｶﾗｰﾋﾟﾝｸ	1月1日	5.26	(-58)
	2月1日	6．1	(-52)
	3月1日	6.20	(-33)
	無加温	7.23	

定植：10月26日～11月1日
暖房温度：15℃　　暖房前は無加温
電照：16時間日長　　5月1日打ち切り

表29　　暖房打ち切り日と収穫日
（庄内総支農技普及課産地研:1996)

暖房打ち切り日	平均収穫日	SD
3月25日	7月12日	± 7
4月 1日	7月 3日	± 10
4月 8日	6月25日	± 6
4月15日	6月24日	± 12
4月22日	6月17日	± 10
4月28日	6月13日	± 7
収穫まで	6月 3日	± 14

あずまの薫、プランター (63×20×H15)栽培

（カ）アルストロメリア

冬期に収量を得るために暖房温度は 10～12℃で行なっているが、マイナス温度にならない限り低温管理しても温度障害を受けないので、５℃程度の暖房温度でも栽培は可能である。しかし、このような低温管理しているほ場では灰色かび病の発生が懸念される。従って、低温管理する場合は循環扇や保温資材に吸湿性フィルムを

用いることで病害の発生を防ぐことを行なわなければならない。なお、暖房温度と収量については明らかになっていない。

イ　地中加温

（ア）ばら

Moss(1984)は、NFT でのばら栽培において、培養液を 25℃とした場合、最低夜温が 12℃でも 18℃に匹敵する収量が得られたことを報告している。前述のように、温度管理からの省エネルギーのアプローチは困難であり、地中加温による省エネルギーも、前述のブラックニングの問題もあり、ただちに利用できないが、ロックウール栽培では、ダクトをマット下に入れるなど培地温を低下させないことが必要である。

（イ）アルストロメリア

５℃暖房条件では‘アモール’は 10℃の地中加温で増収効果が見られた（北海道立花･野菜技術センター）。また、12℃暖房条件でも‘アモール’は 15℃の地中加温で増収効果が見られた（2004 年庄内総支農技普及課産地研）。一方、‘バージニア’では効果が見られず（2004 年庄内総支農技普及課産地研）、地中加温には品種間差がある。

ウ　保温性の向上

静岡県の事例では妻面など外部を２重張りする技術は、オイルショックのときにばら温室にも導入されている。ばら栽培ではすでに、サイド側カーテンのサニーコートを用いた二層化が普及しており、10%程度の省エネルギー効果が得られていることから、未導入ハウスでは導入を検討する。この際、いろいろのタイプの導入例が見られるが、天カーテンと隙間がないように設置する。

写真 15　ハウス内小型ハウスでの保温

写真 16　妻面のペア化改造例(岩手・阿部園芸)

（２）炭酸ガス施用・廃熱利用

ア　ばら

太平洋側のばらの試験例では、年間収量の差が小さいため、炭酸ガス施用を積極的に評価するデータは示されていない。しかし、下表のように CO_2 施用による増収効果が見られる報告があり、欧米では補光を含めた日照時間の半分は施用している。日本海側気候に当たる本県では冬季間の密閉時間が長いことから施用効果が高いことは容易に推測できる。なお、ロックウール栽培は炭酸ガスの発生する地表面を布シート等で覆っていることから、CO_2 施用は必須技術である。炭酸ガス発生には灯油燃焼タイプを選べば、廃熱利用の点でも省エネルギーである。

イ　その他花き

カーネーションについては、コロラド州立大学では、レッドゲーテを使用して切り花数で 37%を増収し、切り花期間を 2 週間短縮したとしている。

表 30　ばらの切り花本数（RICHARD）

処理区	A	B	C
CO_2 施用区	170	152	161
無処理区	100	100	100

A：1963.1.1～4.1 の切り花本数の指数

Ｂ：1964.1.1～4.1 の切り花本数の指数

C：A＋B の切り花本数の指数

（３）品種

夏秋作型に適合した品種や低温開花性のある品種等について、積極的に情報収集を図り、計画的な品種導入を行う。

Ⅴ　県内の省エネルギーの取組事例

1　「日本海側気候活用による施設園芸省エネルギー化プロジェクト」

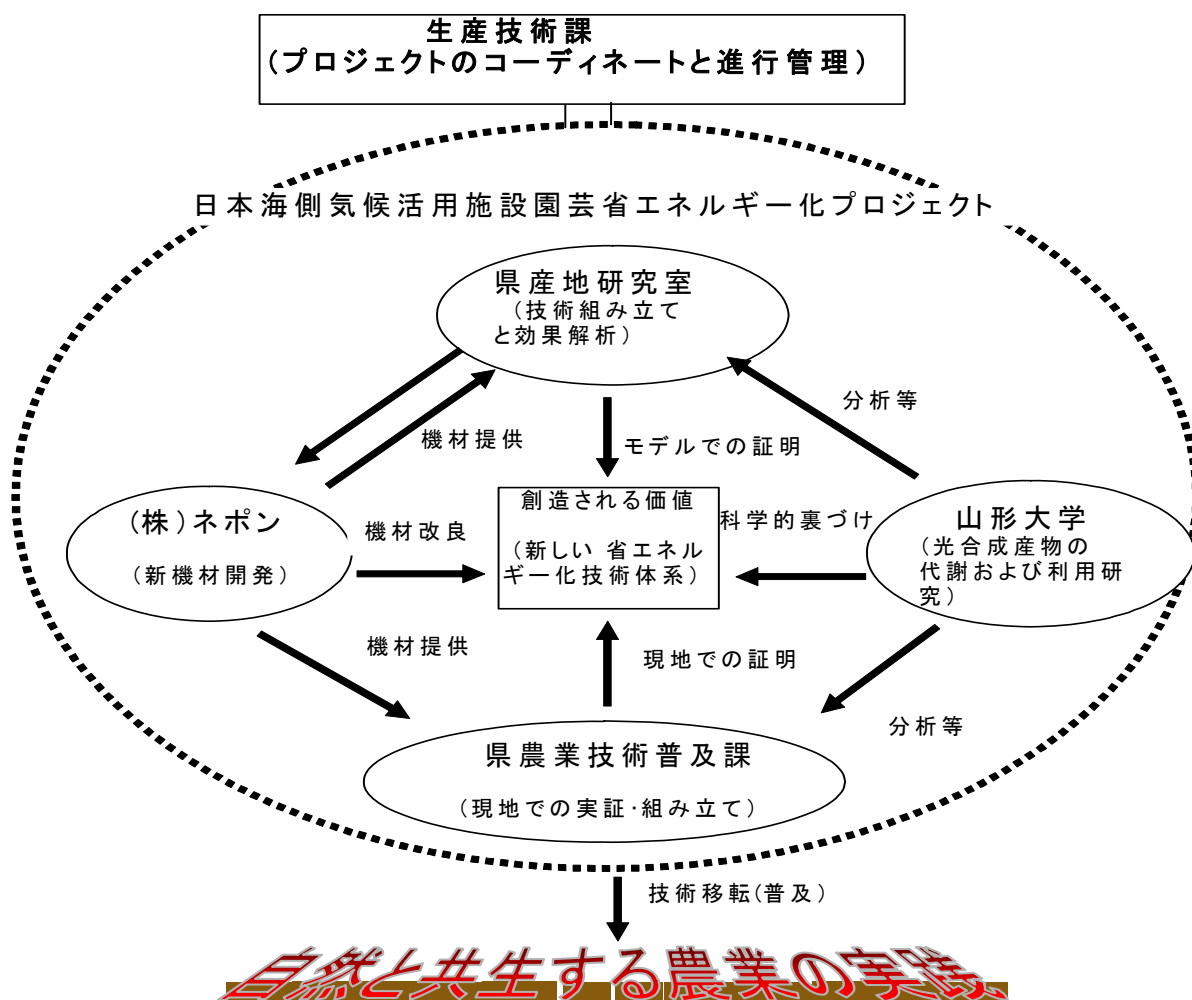
内　容：冬季に日照量が少ない日本海の気象条件を活かし、密閉したハウスにおいて暖房機から排出される炭酸ガスや排熱の再利用を基本とした環境負荷軽減と省エネルギー化のための技術組立を行い、普及を図る。

対象品目：きゅうり、おうとう、ばら（いずれも施設栽培の作型）

予算額：　平成19年度：8,070千円(国庫10/10)

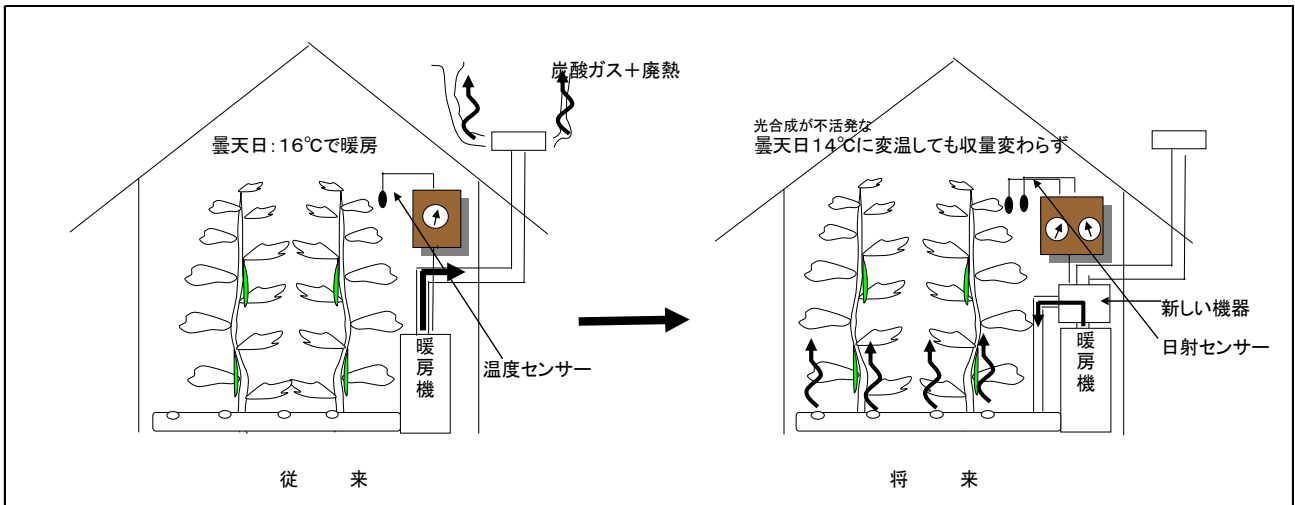
○研究コンソーシアムを構成する組織と役割分担

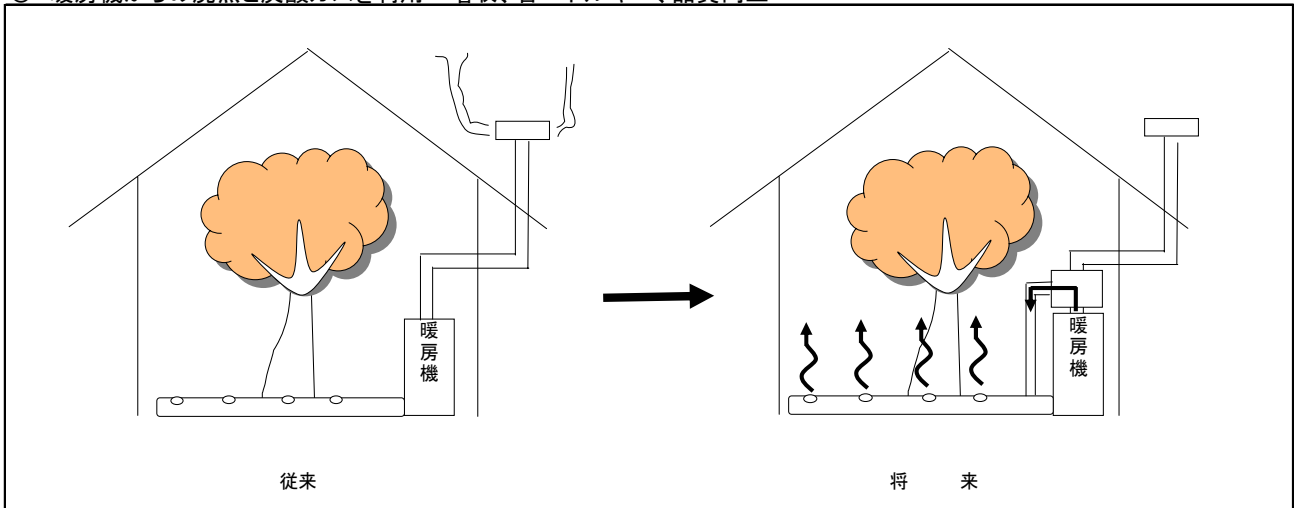
実施主体：県　生産技術課（プロジェクトのコーディネートと進行管理）
最上総合支庁農業技術普及課産地研究室(技術組立と効果解析)
村山総合支庁農業技術普及課などの３普及課（技術実証と普及）

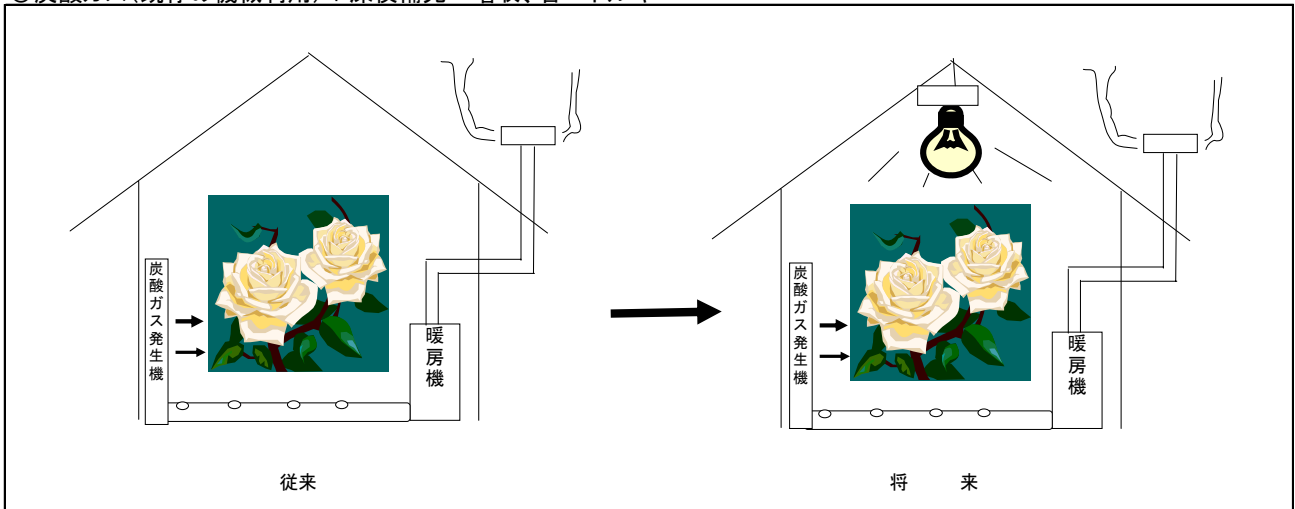
共同機関：山形大学農学部（技術効果の植物生理的解析）
ネポン株式会社（暖房関係の新機材開発）

目指している新しい技術

<きゅうり>

◎　暖房機からの廃熱と炭酸ガスを利用→増収、省エネルギー

◎　収量に影響がない低日射での低温管理→省エネルギー（20年度～）

<おうとう>

◎　暖房機からの廃熱と炭酸ガスを利用→増収、省エネルギー、品質向上

<ばら>

◎炭酸ガス（既存の機械利用）＋深夜補光→増収、省エネルギー

省エネルギー事例　No1　　　　　　　　　　　　　村山総合支庁農業技術普及課

題名：天カーテンの位置を低くし加温する空間容積を減らす（山形市　バラ生産者）

○天カーテンの位置を低く改造
2層の天カーテンの中央部位を60cm低くすることで、加温する空間容積を小さくし暖房効率向上を図ります。

○導入効果
具体的データはありませんが、導入されたハウスでは、加温する空間容積が9%程度減少しており、同程度の省エネを見込んでいます。

○導入時の注意点
栽培しながらの（施設内に作物がある状態）作業の場合は、一斉に天カーテンを下げることができないので、端から徐々に下げていきます。
天カーテンが重いため、作業時にしっかり天カーテンを固定し安全性を確保します。

（「技術指針9ページ参照」）

省エネルギー事例　No2　　　　　　　　　　　　　置賜総合支庁西置賜農業技術普及課

題名：ハウス内カーテンの移動（飯豊町花壇苗栽培生産者）

ハウス内カーテンの設置位置を移動することで、暖房の容積を縮小して効率を高めています。

○導入例
　①ハウス内の天カーテンを通常の設置位置より下げることで、暖房する空間を小さくし暖房効率を高めています。既存の天カーテンの下にワイヤーを張り、そこに1層加える形で天カーテンを設置しています。この下げて設置した分、容積が小さくなります。
　②ハウス内で使用している部分をカーテンで仕切り、部分暖房しています。大きなハウスのなかで一部分のみを使用する場合には、その使用するスペースを暖房することで効率を高めています。

○ 省エネルギー効果
　導入先のデータはありませんが、空間が小さくなることで暖房の省エネルギーの効果が期待できます。

天カーテンの下にさらに一層加えて設置した状況

（「技術指針9ページ参照」）

省エネルギー事例　No3　　　　　　　　　　　　　　　村山総合支庁農業技術普及課

題名：ハウスサイドの空気膜化（山形市花き栽培農家）

上図：無加圧時

下図：加圧時

上図：ブロワー

下図：空気流入口

内容：

○ハウスサイドの空気膜化とは

ハウスサイドのフィルムを2枚に重ねて、その間にブロワーによる加圧で空気膜化する方法です。具体的には、２枚のフィルムの上端をビニペット、下端をパッカー、両端をハウス補修用のテープで袋状にし、フィルムの間にブロワーでハウス内の空気を加圧し空気膜化します。空気膜化による断熱性の向上と加圧されることによる機密性の向上により省エネ効果があります。

○省エネルギー効果

設置２年目で、メーカーの試作とのことから燃料節減率や経済性については明らかではありませんが、試算では500㎡のハウスで約９％のエネルギー節減が期待できます。

○ 導入上の注意

470㎡のハウスで導入する場合、改造する資材代のみで約２８万円となります。

なお、天井部分も空気膜化した場合、天井部分に結露するため、落下する水滴が施設内で栽培されている作物に悪影響（鉢物花きの花弁の脱色等）を及ぼす場合があります。

（「技術指針11ページ参照」）

題名：ばら温室、サイドカーテン二層

内容：

○　導入例

　その設備は写真１～３のとおりで、内側と外側の間に空間を確保し、確実に断熱性を高める工夫も取り入れられています。

○　効果

①重油消費量は1層のサイドカーテンに比べ、約１０～１５％程度削減できた模様。昨年は寒かったことから、同じ条件で比較すればもっと効果は期待されます。

②一層だけのサイドカーテンではハウスサイド部分の温度が低く、湿気は高いことから、生育は不良で病害も発生しやすいと感じられました。サイドカーテンを二層にした場合は、ハウスサイドの温度も確保され、生育も揃いやすくなりました。

○　費用の目安

　サイドカーテンの設置費用は1ｍあたり1,000～2,000円程度と見られます。新しい資材を使用したり、設置の効果を測定した新しいデータは、ほとんどありませんので、今後の試験研究の成果が期待されます。

（「技術指針33ページ参照」）

省エネルギー事例　No5　　　　　　　　　　　　　　置賜総合支庁西置賜農業技術普及課

題名：２層カーテンにハーモニカ構造の農業ポリエチレンフィルムを使用（飯豊町花壇苗栽培生産者）

○ ハーモニカ構造の農業ポリエチレンフィルムとは？

農業用ポリエチレンフィルムは、農業用ポリ塩化ビニルフィルムに比べ保温性が劣るとされていますが、ハーモニカ構造の資材（商品名サニーコート）のように農業用ポリ塩化ビニルフィルムよりも保温性が高い製品があります。主にハウスサイドに使われています。

○導入例

導入されているハウスでは、２層カーテンの外側の１枚にハーモニカ構造の農業ポリエチレンフィルムを使用しています。

○ 省エネルギー効果

導入先のデータはありませんが、資材の基礎試験によれば、サニーコートの放熱量は、一般的な内張りビニールの76％程度に抑えられることが示されています（条件：設定温度12℃、12月中旬～１月上旬測定で５日間平均、本県施設省エネルギー化技術指針参照）。サニーコートは、透光率が低いのでサイドカーテンでの利用が中心になりますが、サイドからの放熱が抑えられ、燃料消費量の軽減が期待できます。

サニーコートは外側カーテンに使用

（「技術指針13ページ参照」）

省エネルギー事例　No6　　　　　　　　　　　　　　村山総合支庁北村山普及課

題名：さくらんぼハウスの二重被覆

○ 熱の損失

ハウス内の熱はハウスのビニール表面や隙間風により放熱され、中でも、ハウス表面からの損失は、全体の６０～８０％になり、熱損失の大部分を占めます。

最も熱が逃げる天井部を二重被覆すれば熱損失が削減できることがわかっていましたが、構造的な要因やハウスの空間一杯に枝が拡がっていることなどから、天井部の二重被覆はこれまでは実施困難でした。

原油価格高騰に対応するため、従来のハウスのサイドの二重被覆に加えて、３年程前から写真にあるように、天井部の二重被覆が導入され始めました。

天井部の二重被覆の設置状況

○導入事例

村山市を中心に5名程度が二重被覆を実践しています。

○省エネ効果

厳密な比較がないので具体的なデータはありませんが、周辺の同じような作型・ハウスと比較して約３割程度の燃料消費量の削減が見込まれます。

ハウスサイドの二重被覆

○導入にあたっての注意点

二重被覆により太陽光線の透過量が減少するため、全体的に生育はやや遅れます。

生育の進度に応じた温度管理が必要です。

作型によっては換気効率が低下するため、高温障害の発生が危惧されるので、２月以降の加温の作型では導入は困難です。

（「技術指針24ページ参照」）

省エネルギー事例　No7　　　　　　　　　　　　　　　　置賜総合支庁農業技術普及課

題名：出入り口の外張り設置（南陽市アルストロメリア生産者）

○導入例
　南陽市のアルストロメリアを生産している軽量鉄骨ハウスでは、冬期間に使用しない出入り口を外側からビニールで塞いで、外からの冷たい空気のハウスへの流入をふせいでいます（写真１）。

○ビニペットを使って入り口全体を覆い、さらに上部はガムテープで、下部が土で抑えて隙間を無くします（写真２）。

○風でビニールがばたつかないように、サイド部分もハウスサイドのマイカー線にホチキスでしっかり抑えます（写真３）。

○アルストロメリア生産では冬期間１０℃前後の加温を行っているため、昨年度からこのような外張りを行うようになって、生産者の方は朝夕の暖房機の稼動状態がかなり違うと感じておられます。

写真２　ビニペットを使って被覆

写真１　○印内が外張り設置場所

写真３　サイドもしっかり抑える

（「技術指針9ページ参照」）

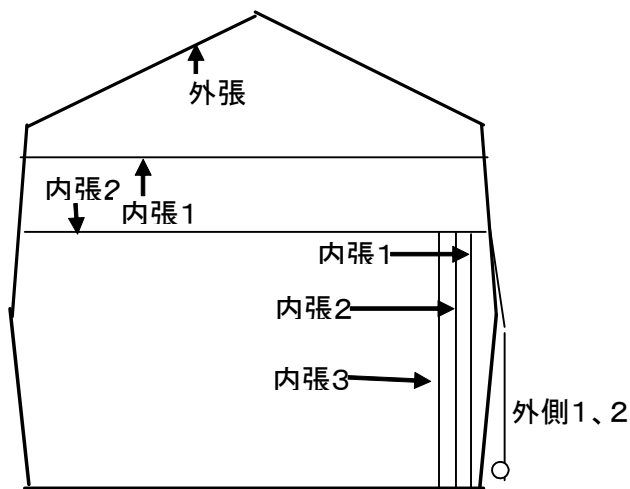
題名：促成いちごハウスの多重被覆

○促成いちごを栽培するときに、草勢維持のために、夜間の気温を7℃以上に保っておく必要があります。少しでも保温効果を高めるために、ハウスのサイド、天井部分を多重被覆しています。

○天井部分：間隔をあけて内張りを２枚張ることにより、いちごを栽培している空間の上に空気の層を2層確保しています。

○サイド部分は、内側に3枚、外側に2枚の被覆をしてあります。内張１と2の間、外側のビニル①と②の間に積極的に空気を送り込むことにより、保温効果の向上を期待します。

○これらの被覆資材は、おうとうの雨よけテントで使用

ハウスの天井の様子　だいぶ低くなっている

ハウスのサイドの様子　内張りがいちごのベンチのすぐそばまできている

（「技術指針9ページ参照」）

省エネルギー事例　No.9　　　　　　　　　　庄内総合支庁農業技術普及課

題名：ビニルハウスの３重被覆

○導入例：

冬期間は内張りカーテンを設置し2重被覆にして管理していますが、さらにポリエチレンフィルムによってトンネル又は浮きがけを行い、３重被覆を行っています。

トルコぎきょうの場合、初期生育を確保した後、気温が8℃以下になってから、内張り、トンネルを設置して3重被覆を行って管理しています。

○省エネルギー効果：

２ベット一緒にトンネルを行い、トンネル内にダクトを配置して暖房するため、ハウス全体を加温するより暖房効率が向上します。

浮きがけの場合は、短い支柱とフラワーネットを使用して、被覆します。この場合は保温のみとなります。

トルコぎきょうの場合、保温のみでは生育が遅れるものの、庄内地域平野部では枯死する事例は少ない結果でした。

○導入上の注意：

秋定植後、5～8℃程度で管理出来る品目では有効です。庄内地域ではかすみそうでも実施されています。

トンネル内が結露するため、病害の発生には注意が必要です。

（「技術指針9ページ参照」）

トルコぎきょう

宿根かすみそう

省エネルギー事例　No.10　　　　　　　　　　庄内総合支庁農業技術普及課

題名：　温床における発泡板の利用

○導入例

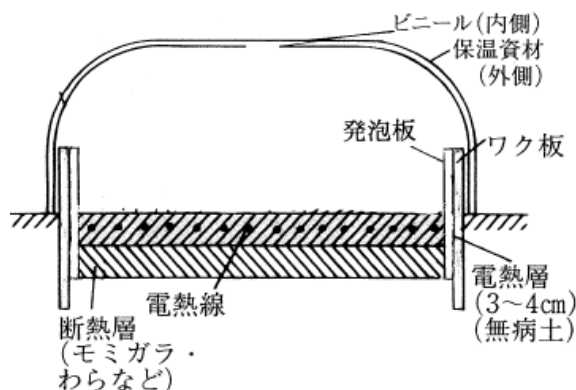
野菜・花きの育苗、山菜の促成床において、保温のための断熱層を床面だけでなく、側の板枠の内側に発泡板を利用し設置しています。

○ 省エネルギー効果

導入のデータはありませんが、保温力が高まり、消費電力の軽減が見込めます。

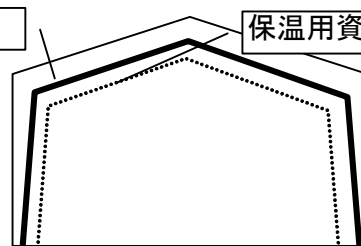
○ 導入上の注意

発泡板の価格は、182cm＊91cm＊1cm／枚で300円前後で、床の構造によって加工・調整します。

省エネルギー事例　No11　　　　　　　　　　　　　　庄内総合支庁酒田農業技術普及課

題名：シェード資材を利用した3重被覆（鶴岡市　輪ぎく、スプレイぎく栽培生産者）

庄内では輪ぎく、スプレイぎくを開花調節を行って、5～12月の長期間出荷しています。生育には最低15℃の加温が必要なので、春や12月出荷では、暖房費が経費に占める割合が大きくなっています。
○シェード施設：短日処理を行うためにホワイトシルバーなど短日処理用の資材でカーテン状に被覆しています。（図参照）

内張りの設置状況

○導入例
　鶴岡市では、平成10年頃から軽量鉄骨型の大型ハウスの導入が進みました。輪ぎくやスプレイぎくのハウスでは、内張りが2軸2層になっており、内側は透明な保温用資材、外側にはホワイトシルバーなどの短日処理用資材を被覆しています。日中は採光のため、保温用の資材のみの被覆ですが、夜間はさらに短日処理用の資材も閉めて3重被覆を行っています。

内張りの設置状況

○ 省エネルギー効果
　導入先のデータはありませんが、試算ではポリの１層被覆に比べて15%程度の燃料費が節減できます。現在ある施設を利用するため、新たな設備投資はありません。

○ 導入上の注意
　3重被覆が夜間に限られるので、日没後～夜明け前にシェード資材を被覆します。労力軽減のため、タイマーでの自動カーテンを利用することが望まれています。

省エネルギー事例　No12　　　　　　　　　　　　　　村山総合支庁農業技術普及課

題名：循環扇の活用による温度の均一化（山形市野菜栽培農家、花き栽培農家、ぶどう栽培農家）

内容：

○循環扇の働き
　暖房機の加温等により温室内は上層部と下層部で温度ムラが生じます。循環扇は、温室内の空気を循環させる働きがあり、温室内の温度を均一化できます。
○省エネルギー効果
　広島農技センターのトマト半促成栽培のデータでは、循環扇を用いなければトマトの上と下とで2．8℃あった温度差が、用いることにより0．8℃となり、灯油の消費量も12％節減できたとの報告があります。また、結露が抑えられ、その結果灰色かび病などの病害の発生が抑えられます。

○ 導入上の注意
①各社より販売されていますが、電源やハウスの規模等を考慮し風速0．7m/sec程度の風が得られるよう配置間隔に留意します。

（「技術指針16ページ参照」）

省エネルギー事例　No13　　　　　　　　　　　　　　村山総合支庁農業技術普及課

題名：4段式サーモを利用した適切な変温管理（山形市きゅうり栽培農家）

内容

〇変温管理とは

温室内で栽培されている作物の生理機能の変化にあわせて、1日の時間帯で設定温度を変える管理を変温管理といいます。
変温管理の基本は、日中は光合成が十分に行われる温度とし、夕方から4～5時間の前夜半は転流促進時間として、転流を短時間で終わらせるため比較的高めに管理します。その後、早朝までの後夜半は呼吸消耗時間帯といって、呼吸による消耗を抑えるため低温管理とします。
また、日の出前から数時間、夜間より高く管理し、光合成能力の回復を図ります。

多段式サーモ装置

〇省エネルギー効果

変温管理による燃料節減率は作物によって異なりますが、一般的な恒夜温管理よりも5～20%と高く、収量・品質は15～20%増加するといわれています。

〇日射制御変温管理法

変温管理は、その日の日射量に応じて設定温度を変えることで、より有効性が高まります。具体的には、曇天日は作物の光合成が少ないので、夜間の転流も少なく、転流のための温度を上げる必要がありません。日射制御変温管理には、日射制御型の多段サーモ装置が必要となります。

〇 導入上の注意

変温管理には多段式サーモ装置が必要です。旧型の暖房機で多段式サーモ装置が組み込まれていない場合、増設が可能かメーカーに確認する必要があります。

（「技術指針17ページを参照」）

施設園芸における省エネルギー対策のチェックシート
— 省エネルギー対策はひとつひとつの積み重ねが大切です—

●温室・ハウスの点検と管理

1 温室・ハウス内の目張りをする。
□温室・ハウスを総点検し、補修と目張りを行う。
□換気による熱の損失は大きいことから気密度を高めるようにする。

温室・ハウスの北側に保温資材を張ると保温効果が高まる。
□温室・ハウスの北側に発泡スチロール板等を張る。
□温室・ハウスの北内側にアルミ蒸着フィルムを張る。

3 風上側に防風垣を設置する。
□温室・ハウスの風上側に防風垣(ネット、板等)を設置する。
→防風垣3m高で、防風垣から約50mの防風効果がある。

4 重層被覆を行い、保温性の高い良い資材を用いる。
□温室・ハウス内に2層、3層被覆(内部カーテン)を行う。
□資材は、アルミ蒸着フィルム、ビニール、ポリエチレンの順で保温力が高い。

5 被覆資材をよく清掃する。
□被覆資材に付着した汚れを清掃し、太陽光の透過率を高める。
→ビニールの光線透過率は、9カ月で約60%に低下するが、9カ月後の両面清掃で約80%に向上する。

6 温室・ハウスの窓閉めを早めに行う。
□夕方、日没前に換気窓を早めに閉め、室内気温を高くする。
□窓閉めは、晴天の日で日没1時間半位前にする。
□曇天の窓閉めは、1.5時間から3時間前にする。

●暖房機の点検と管理

1 暖房機の保守管理を行う。
□6カ月毎にバーナーテストを行う。
□ボイラーの定期的な手入れと施工業者によるチェックを行う。
□暖房機の異常を早期に発見する目的で、煙突温度を定期的に測定する。
□過剰な煙を出さないよう、空気調節弁の適切な調整を行う。
□ボイラーの缶体に付着した油煙、硫黄、さび等を定期的清掃により取り除く。

4 温室面積と暖房機の大きさとの関係を考慮して運転する。
□温風暖房機による集中管理方式は、温室面積に合った暖房機の大きさの時に暖房機の熱効率が最高となる。
□暖房機の大きさが、必要量よりもはるかに大きな場合があるが、燃料のロスが起こるので、バーナーノズルを小さくする、ボイラー原温の設定を低くする、タイマーを利用して日中はボイラーをストップするなどの方法を取るのが有効である。

5 温風暖房機の有効利用を工夫する。
□煙突の横引きによる煙突廃熱を有効利用する方法がある。
□煙突の途中に設置する廃熱回収装置を利用する方法がある。

●温室・ハウスの適正な温度管理

1 正確な温度管理を行う。
□できるだけ作物の正しい生育適温を保つよう、管理する。
→特に暖房温度が高い場合、1℃の温度差から10数%の燃料消費量の差がでる。
□良質なサーモスタットを使用し、点検を毎日行う。
□正しく設置した温度計により、室内温度を監視する。

2 室内での温度ムラを小さくする。
□特に温風暖房機では、室内の温度が場所により不均一になりやすい。
□室内の各所の温度を測定し、ダクトの位置や風量のバランスを調整し、温度ムラを極力小さくする。

3 夜間の変温管理を行う。
□夜間前半の時間帯は、夜温を夜間一定に管理するよりも、高めに管理する。
□夜間後半の時間帯は、夜温を低めに抑えて呼吸による消耗を防ぐ。

4 複合環境制御装置を導入する。
□作物の光合成が最も効率的に行われるよう、複合環境制御装置を導入する。
→日射量を中心に室内の温度、湿度、炭酸ガス濃度などを調節し、1日の積算日射量に応じて暖房温度を調節する。

主な制度資金の概要 （ 原油価格高騰対応版 ）

資金名	貸付対象者	資金使途	貸付限度額	貸付利率（H20.10.21現在）	融資機関	償還期間	備考
農業近代化資金 【主なもの】 1号資金　建物構築物資金 2号資金　農機具等資金 9号資金　長期運転資金（認定農業者）	(1) 認定農業者 (2) 認定就農者 (3) その他担い手（農業所得が総所得の半分等の要件あり）	設備資金 長期運転資金	個人　1,800万円（特認2億円） 法人　2億円 融資率　80% 認定農業者の特例100% ※この特例は、貸付額（残高通算）で個人1,800万円、法人3,600万円まで	1.80% 認定農業者 1.45%～1.65%	農協 県内地方銀行3行 鶴岡信金 新庄信金	(1) 施設　15年以内（うち据置7年以内） (2) 農機具　7年以内（うち据置2年以内） ※この期間は最長期間であり、実際の期間は、耐用年数を勘案し、原則その範囲内で設定	※認定農業者に対して貸し付ける場合で平成19年4月1日から平成22年3月31日までの間に利子補給承認が行われたもの 個人：500万円～1,800万円 法人：500万円～3600万円 まで無利子
農業経営改善促進資金（スーパーS資金）	以下の要件を全て満たす者 (1) 農業経営基盤強化促進法の農業経営改善計画の認定を受けている者（＝認定農業者） (2) 簿記記帳を行っている者(行うことが確実である者) (3) 市町村に設置される特別融資制度推進会議において資金利用計画の認定を受けた者	短期運転資金	(1) 個人 ① 一般　5百万円 ② 畜産・施設園芸　2千万円 (2) 法人 ① 一般　2千万円 ② 畜産・施設園芸　8千万円	1.90% 当座貸越の場合には0.5%の範囲内で融資機関が定めた率を加算	農協 県内地方銀行3行	1年以内	貸付方式は、極度貸付方式による当座貸越又は手形貸付 貸付金の負担割合は、県1/8、基金協会1/8、融資機関6/8
日本政策金融公庫　農業経営基盤強化資金（スーパーL資金）	認定農業者で、市町村に設置される特別融資制度推進会議において経営改善資金計画書の認定を受けた者	設備資金 長期運転資金	個人　1億5千万円 （複数経営部門の改善等の場合の特例：3億円） 法人　5億円 （常時従事者数の要件を満たした場合の特例：10億円）	1.80%	日本政策金融公庫 農協 県内地方銀行3行 鶴岡・新庄・米沢信金	25年以内（うち据置10年以内）	※平成19年4月1日から平成22年3月31日までの間に貸付決定が行われたもの 個人：500万円～1億円 法人：500万円～3億円 まで無利子
日本政策金融公庫　農林漁業セーフティネット資金	(1) 認定農業者 (2) 認定就農者 (3) その他担い手（農業所得が総所得の半分等の要件あり）	長期運転資金	(1)一般　300万円 (2)特認　年間経営費等の3／12以内	1.80%	同上	10年以内（うち据置3年以内）	不慮の災害や社会的・経済的な環境の変化等によって売上が減少し、資金繰りに支障を来たしている場合等に、経営の維持安定に必要な長期運転資金を融資
日本政策金融公庫　経営体育成強化資金	(1) 認定就農者 (2) その他担い手（農業所得が総所得の半分等の要件あり）	設備資金	個人　1億5千万円 法人　5億円 融資率　80%	1.80%	同上	25年以内（うち据置3年以内）	認定農業者（L資金対応）以外の担い手向け資金
漁業近代化資金 【主なもの】 1号資金　漁船資金 2号資金　漁船漁具保管修理施設等資金	(1) 漁業を主業とする個人・法人・任意団体 (2) 養殖業を営む個人・法人・任意団体 (3) 水産加工業を営む個人・法人・任意団体	設備資金	(1) 漁船資金 ・20t以上　3億6千万円 ・20t未満　9千万円 (2) 水産養殖業者 ・個人：9千万円 ・法人：1億8千万円 (3)二以上の複合経営　1億5千万円 (4)上記以外　個人：1,800万円　法人：9千万円	1.80%	漁協 農林中金	15年以内（うち据置3年以内）	1号資金は、130t未満の漁船の取得、改造及び推進機関、補機関、プロペラ装置、発電機、無線機、魚群探知機、方向探知機等 2号資金は、漁船修理施設、漁船機関修理施設、給油施設、水産物加工施設、冷蔵施設等 個別施設の償還期間は耐用年数を勘案し、原則その範囲内で設定
沿岸漁業改善資金	沿岸漁業を営む個人、法人（常時使用従業者20名以下）、協業体	設備資金			漁協		沿岸漁業とは、①無動力又は10t未満の漁船を使用して、又は漁船を使用しないで行う漁業、②定置漁業、③養殖漁業
└操船作業省力化機器等設置資金	自動操舵装置、遠隔操縦装置、レーダー、自動航跡記録装置、GPS受信機		500万円	無利子		7年以内（うち据置1年以内）	限度額は、総限度額のことであり、実際は、個別機械（レーダー等）ごとに設定（以下同じ）
└漁ろう作業省力化機器等設置資金	動力式つり機、ラインホーラー、ネットホーラー、漁業用ソナー、カラー魚群探知機、海水冷却装置、巻取りウインチ、放電式集魚灯、漁業用クレーン		500万円	無利子		7年以内（うち据置1年以内）	
└補機関等駆動機器等設置資金	補機関（動力取出装置付き推進機関を含む）、油圧装置		500万円	無利子		7年以内（うち据置1年以内）	
└燃料油消費節減機器等設置資金	推進機関（漁船用エネルギー環境対応機関）、定速装置、潤滑油性状維持装置		1,300万円	無利子		7年以内（うち据置1年以内）	
省エネルギー推進緊急対策資金	省エネルギー推進計画を策定し確実に実施できる漁業者として融資機関が承認した者	設備資金 運転資金	前年度使用総油費の35%以内の額又は漁業種類・トン数区分に応じ定めた額（35万円～13,500万円）のいずれか低い額	無利子～1.90%	漁協	5年以内（うち据置1年以内）	全漁連からの利子助成制度（助成率：1.25%～3.15%） 省エネルギー推進計画 （省エネ推進を主としたコスト低減を図る計画で、計画終了時（最長5年）に概ね漁業コスト5%、燃油消費総量10%削減できる計画）

省エネルギー技術に関する問い合わせ先

山形県　農林水産部　生産技術課
〒990-8570　　山形市松波 2-8-1
TEL　023-630-2463

山形県　村山総合支庁産業経済部　農業技術普及課
〒990-2492 山形市鉄砲町 2-19-68
TEL　023-621-8100（代表）

山形県　村山総合支庁産業経済部　西村山農業技術普及課
〒991-8501 寒河江市大字西根石川西 355
TEL　0237-86-8111（代表）

山形県　村山総合支庁産業経済部　北村山農業技術普及課
〒995-0024 村山市楯岡笛田 4-5-1
TEL　0237-47-8627

山形県　最上総合支庁産業経済部　農業技術普及課
〒996-0002 新庄市金沢字大道上 2034
TEL　0233-22-1111（代表）

山形県　置賜総合支庁産業経済部　農業技術普及課
〒999-2174 東置賜郡高畠町大字福沢字鎌塚台 160
TEL　0238-57-3411

山形県　置賜総合支庁産業経済部　西置賜農業技術普及課
〒993-8501 長井市高野町 2-3-1
TEL　0238-88-5111（代表）

山形県　庄内総合支庁産業経済部　農業技術普及課
〒999-7601 東田川郡藤島町大字藤島字山ノ前 51
TEL　0235-64-2103

山形県　庄内総合支庁産業経済部　酒田農業技術普及課
〒998-0857 酒田市若浜町 1-40
TEL　0234-22-6521